

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

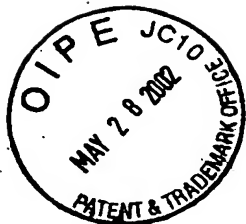
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 2月27日

出願番号

Application Number:

特願2001-053053

[ST.10/C]:

[JP2001-053053]

出願人

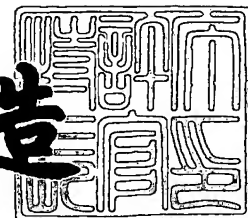
Applicant(s):

エヌティティエレクトロニクス株式会社
日本電信電話株式会社

2002年 3月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3019992

【書類名】 特許願

【整理番号】 NELT00143

【提出日】 平成13年 2月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/00

【発明の名称】 光合波回路、および、光合波装置

【請求項の数】 12

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエ
レクトロニクス株式会社内

【氏名】 山内 佳紀

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエ
レクトロニクス株式会社内

【氏名】 藤崎 弘一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエ
レクトロニクス株式会社内

【氏名】 金子 明正

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエ
レクトロニクス株式会社内

【氏名】 浅岡 敬史

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株
式会社内

【氏名】 界 義久

【特許出願人】

【識別番号】 591230295

【氏名又は名称】 エヌティティエレクトロニクス株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077481

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】 100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 和夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013424

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光合波回路、および、光合波装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波回路であって、

複数の光信号が各々入力される複数の入力側伝送チャネル導波路と、

該入力側伝送チャネル導波路とは光の導入方向が反対とされかつ分波光を出力する、第 1 と第 2 を一対とした複数対の入力側監視チャネル導波路と、

前記複数の入力側伝送チャネル導波路、および、前記複数対の入力側監視チャネル用導波路が、第 1 端面に接続された入力側スラブ導波路と、

前記複数の入力側伝送チャネル導波路から伝送された前記複数の光信号が合波された合波光が導かれる、少なくとも 1 つの出力側伝送チャネル導波路と、

前記出力側伝送チャネル導波路とは光の導入方向が反対とされかつ前記複数対の入力側監視チャネル導波路に対して前記分波光を伝送する、少なくとも 1 つの出力側監視チャネル導波路と、

前記少なくとも 1 つの出力側伝送チャネル導波路、および、前記少なくとも 1 つの出力側監視チャネル導波路が、第 4 端面に接続された出力側スラブ導波路と

前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に対向する第 2 端面に接続され、かつ、前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に対向する第 3 端面に接続された、光路長の異なる複数の光導波路からなるアレイ導波路とを具え、

ここで、前記合波光を前記出力側監視チャネル導波路から前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に導入した場合、該合波光は該出力側スラブ導波路を通過し、前記入力側スラブ導波路により分波されて前記分波光として当該第 1 端面に導かれ、該分波光は対応する波長の前記各対の入力側監視チャネル導波路へ出力されることを特徴とする光合波回路。

【請求項 2】 前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面において、

前記複数の入力側伝送チャネル導波路の各々は、所定の間隔で配置され、

前記複数対の入力側監視チャンネル導波路を構成する前記各対の入力側監視チャンネル導波路は、該各対の中央位置において所定の間隔で配置され、

前記複数の入力側伝送チャンネル導波路の各々が配置される所定の間隔と、前記複数対の入力側監視チャンネル導波路の各対が配置される各対の中央位置における所定の間隔とは、所定の相関関係を有し、

前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面において、

前記出力側伝送チャンネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に配置される前記複数の入力側伝送チャンネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該複数の入力側伝送チャンネル導波路から伝送される前記複数の光信号を合波して前記合波光を生成する位置に配置され、

前記出力側監視チャンネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に配置される前記各対の入力側監視チャンネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該各対の入力側監視チャンネル導波路に導かれる前記分波光を生成する位置に配置されたことを特徴とする請求項 1 記載の合波回路。

【請求項 3】 複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波回路であって、

複数の光信号が各々入力される複数の入力側伝送チャンネル導波路と、

該入力側伝送チャンネル導波路とは光の導入方向が同一とされかつ合波光が入力される、少なくとも 1 つの入力側監視チャンネル導波路と、

前記複数の入力側伝送チャンネル導波路、および、前記少なくとも 1 つの入力側監視チャンネル用導波路が、第 1 端面に接続された入力側スラブ導波路と、

前記複数の入力側伝送チャンネル導波路から伝送された前記複数の光信号が合波された合波光が導かれる、少なくとも 1 つの出力側伝送チャンネル導波路と、

前記出力側伝送チャンネル導波路とは光の導入方向が同一とされかつ前記複数対の入力側監視チャンネル導波路から伝送された前記分波光が入力される、第 1 と第 2 とを一对とした複数対の出力側監視チャンネル導波路と、

前記少なくとも 1 つの出力側伝送チャンネル導波路、および、前記複数対の出力側監視チャンネル導波路が、第 4 端面に接続された出力側スラブ導波路と、

前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に対向する第 2 端面に接続され、かつ

、前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に対向する第 3 端面に接続された、光路長の異なる複数の光導波路からなるアレイ導波路とを具え、

ここで、前記合波光を前記入力側監視チャネル導波路から前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に導入した場合、該合波光は該入力側スラブ導波路を通過し、前記出力側スラブ導波路により分波されて前記分波光として当該第 4 端面に導かれ、該分波光は対応する波長の前記各対の出力側監視チャネル導波路へ出力されることを特徴とする光合波回路。

【請求項 4】 前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面において、

前記複数の入力側伝送チャネル導波路の各々は、所定の間隔で配置され、

前記入力側監視チャネル導波路は、前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に配置される前記各対の出力側監視チャネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該各対の出力側監視チャネル導波路に導かれる前記分波光を生成する位置に配置され、

前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面において、

前記複数対の出力側監視チャネル導波路を構成する前記各対の出力側監視チャネル導波路は、該各対の中央位置において所定の間隔で配置され、

前記複数の入力側伝送チャネル導波路の各々が配置される所定の間隔と、前記複数対の出力側監視チャネル導波路の各対が配置される各対の中央位置における所定の間隔とは、所定の相関関係を有し、

前記出力側伝送チャネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に配置される前記複数の入力側伝送チャネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該複数の入力側伝送チャネル導波路から伝送される前記複数の光信号を合波して前記合波光を生成する位置に配置されたことを特徴とする請求項 3 記載の光合波回路。

【請求項 5】 複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波回路であって、

複数の光信号が各々入力される複数の入力側伝送チャネル導波路と、

該入力側伝送チャネル導波路とは光の導入方向が反対とされかつ分波光が出力

される、第 1 と第 2 を一対とした複数対の入力側監視チャンネル導波路と、

前記複数の入力側伝送チャンネル導波路、および、前記複数対の入力側監視チャンネル用導波路が、第 1 端面に接続された入力側スラブ導波路と、

前記複数の入力側伝送チャンネル導波路から伝送された前記複数の光信号が合波された合波光が対の各々に分割されて導かれる、第 1 と第 2 の対をなす出力側伝送チャンネル導波路と、

前記対をなす出力側伝送チャンネル導波路とは光導入方向が反対とされかつ前記複数対の入力側監視チャンネル導波路に対して前記分波光を伝送する、第 1 と第 2 の対をなす出力側監視チャンネル導波路と、

前記第 1 と第 2 の対をなす出力側伝送チャンネル導波路、および、前記第 1 と第 2 の対をなす出力側監視チャンネル導波路が、第 4 端面に接続された出力側スラブ導波路と、

前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に対向する第 2 端面に接続され、かつ、前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に対向する第 3 端面に接続された、光路長の異なる複数の光導波路からなるアレイ導波路とを具え、

ここで、前記合波光が分割された光を前記一対の出力側監視チャンネル導波路から前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に導入した場合、該合波光は該出力側スラブ導波路を通過し、前記入力側スラブ導波路により分波されて前記分波光として当該第 1 端面に導かれ、該分波光は対応する波長の前記各対の入力側監視チャンネル導波路へ出力されることを特徴とする光合波回路。

【請求項 6】 前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面において、

前記複数の入力側伝送チャンネル導波路の各々は、所定の間隔で配置され、

前記複数対の入力側監視チャンネル導波路を構成する前記各対の入力側監視チャンネル導波路は、該各対の一方を基準位置において所定の間隔で配置され、

前記複数の入力側伝送チャンネル導波路の各々が配置される所定の間隔と、前記複数対の入力側監視チャンネル導波路の一方が配置される所定の間隔とは、所定の相関関係を有し、

前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面において、

前記一対の出力側伝送チャネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に配置される前記複数の入力側伝送チャネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該複数の入力側伝送チャネル導波路から伝送される前記複数の光信号を合波して前記合波光を生成する位置に配置され、

前記一対の出力側監視チャネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に配置される前記各対の入力側監視チャネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該各対の入力側監視チャネル導波路に導かれる前記分波光を生成する位置に配置されたことを特徴とする請求項 5 記載の光合波回路。

【請求項 7】 複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波装置であって、

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の光合波回路と、

前記光合波回路から出力される合波光の一部を、検査用信号として抽出する抽出手段と、

前記抽出した前記検査用信号を、前記光合波回路内に再度導入する検査信号再導入手段と、

前記合波領域内に再度導入された前記検査用信号を、該再度導入された端面とは反対側に位置する端面で検出する検査信号検出手段とを具備したことを特徴とする光合波装置。

【請求項 8】 前記抽出手段は、前記光合波回路の出力側の端面から出力される前記合波光の一部を分岐して前記検査用信号として取り出す分岐部を具備、

前記検査信号再導入手段は、前記分岐部と接続されると共に、前記光合波回路の出力側の端面に設けられた、第 1 の検査用端子部を具備、

前記検査信号検出手段は、前記合波回路の入力側の端面に設けられた、複数の第 2 の検査用端子部を具備、

ここで、前記光合波回路の出力側の端面から出力された前記合波光は、前記分岐部により分岐され前記検査用信号として取り出され、

前記取り出された検査用信号は、前記第 1 の検査用端子部から前記光合波回路内に再度導入され、前記複数の第 2 の検査用端子部からそれぞれ検査用信号として出力されることを特徴とする請求項 7 記載の光合波装置。

【請求項 9】 前記抽出手段は、前記光合波回路の出力側の端面から出力される前記合波光の一部を分岐して前記検査用信号として取り出す分岐部を具え、

前記検査信号再導入手段は、前記分岐部と接続されると共に、前記光合波回路の入力側の端面に設けられた、第 3 の検査用端子部を具え、

前記検査信号検出手段は、前記光合波回路の出力側の端面に設けられた、複数対の第 4 の検査用端子部を具え、

ここで、前記光合波回路の出力側の端面から出力された前記合波光は、前記分岐部により分岐され前記検査用信号として取り出され、

前記取り出された検査用信号は、前記第 3 の検査用端子部から前記光合波回路内に再度導入され、前記複数対の第 4 の検査用端子部からそれぞれ検査用信号として出力されることを特徴とする請求項 7 記載の光合波装置。

【請求項 10】 前記抽出手段は、

前記光合波回路の出力側の端面に設けられた、一对の第 5 の検査用端子部と、

前記一对の第 5 の検査用端子部に接続され、該各第 5 の検査用端子部から出力される前記合波光の一部を分岐して前記検査用信号として取り出す一对の分岐部と

を具え、

前記検査信号再導入手段は、前記各分岐部にそれぞれ接続されると共に、前記第 5 の検査用端子部と同一端面側に設けられた、一对の第 6 の検査用端子部を具え、

前記検査信号検出手段は、前記光合波回路の入力側の端面に設けられた、複数対の第 7 の検査用端子部を具え、

ここで、前記光合波回路の出力側の前記各第 5 の検査用端子部からそれぞれ出力された前記合波光は、前記各分岐部により分岐され前記検査用信号としてそれぞれ取り出され、

前記取り出された各検査用信号は、前記各第 6 の検査用端子部から前記光合波回路内に再度導入され、前記各第 7 の検査用端子部から検査用信号としてそれぞれ出力されることを特徴とする請求項 7 記載の光合波装置。

【請求項 11】 複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力

する光合波回路を有する光合波装置であって、

前記光合波回路から出力される合波光の一部を、検査用信号として抽出する抽出手段と、

前記抽出した前記検査用信号を、前記光合波回路内に再度導入する検査信号再導入手段と、

前記合波領域内に再度導入された前記検査用信号を、該再度導入された端面とは反対側に位置する端面で検出する検査信号検出手段とを具えたことを特徴とする光合波装置。

【請求項 1 2】 前記光合波回路と前記抽出手段を、又は、前記光合波回路と前記抽出手段と前記検査信号再導入手段とを、一体に集積化して構成したことを特徴とする請求項 7 ないし 1.1 のいずれかに記載の光合波装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の信号光を合成する光合波回路に適用できるものであり、特に、波長分割多重光通信において波長監視機能を付加したアレイ導波路回折格子型光合波回路に適用可能な光合波装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

図 2 5 は、多光束の干渉を利用するアレイ光導波路回折格子（AWG（Arrayed-Waveguide Grating））型光合分波回路である。

【0 0 0 3】

一般に広く用いられているアレイ光導波路回折格子の構造について説明する。

1 0 0 は、基板であり、シリコン又は石英が用いられる。この基板 1 0 0 上には、二酸化シリコン層等よりなる下部クラッド層が形成されている。この下部クラッド層上には、屈折率をこの下部クラッド層のそれよりも上げるために不純物としてゲルマニウムがドーピングされている二酸化シリコン層等が堆積され、これがパターンニングされて、コア層を形成している。さらに、そのコア層上に、二酸化シリコン層等よりなる上部クラッド層が形成され、これら 3 層をもって光導波路

を構成している。

【 0 0 0 4 】

図 2 5 に示す光合分波回路は、以下に述べる構成要素 1 0 1 ～ 1 0 5 によって構成される。すなわち、1 0 1 は複数の入力側チャンネル導波路、1 0 2 は入力側スラブ導波路、1 0 3 はアレイ導波路であり、実質的には複数の長さの異なる並列した導波路である。また、1 0 4 は複数の出力側スラブ導波路、1 0 5 は出力側チャンネル導波路である。

【 0 0 0 5 】

このようなアレイ光導波路回折格子型の光分合波回路は、光合波あるいは光分波の両方に使用することができる。

【 0 0 0 6 】

まず、光合波回路としての機能を説明する。

【 0 0 0 7 】

光波長多重通信方式においては、所定の波長間隔を持つ複数の光信号を合波して、一本のファイバーで伝送する。伝送される光信号の波長は I T U (International Telecommunication Union) において、標準化されその使用が勧告されている。勧告では、1 0 0 G H z、あるいは 5 0 G H z 等の周波数で等間隔の光信号が規定されており、これらの値又はこれらの整数分の一（例えば、 $1/2$ 、 $1/4$ 等）相当の波長の光信号が使用されるのが一般的である。

【 0 0 0 8 】

このように波長の異なる複数の光信号を、複数の光導波路又は光ファイバーにより、基板 1 0 0 の端面にある所定の入力側チャンネル導波路 1 0 1 の入力端へ入力する。これらの光信号は、入力側チャンネル導波路 1 0 1 を通り、入力側スラブ導波路 1 0 2 の一方の端面に導かれ、ここで幾何学的に配列された入力側チャンネル導波路 1 0 1 の端面から放射され、他の端面に幾何学的に配列された複数のアレイ導波路 1 0 3 の一端へ入力される。

【 0 0 0 9 】

アレイ導波路 1 0 3 に入力された複数の波長の光信号は、この導波路内を進行し、他の端面へ達するまでに長さの差に相当する位相差を持ち、出力側スラブ導

波路 1 0 4 内で放射される。この放射された光信号は、相互に干渉して所定の出力側チャネル導波路 1 0 5 の入り口へ集光され、合波された光信号となって、所定の出力側チャネル導波路 1 0 5 から出力される。この合波信号は、基板端面において出力側チャネル導波路 1 0 5 に接続された光導波路又は光ファイバーにより外部へ取り出される。

【 0 0 1 0 】

このように光合波回路として使用する場合は、合波すべき波長の数に相当する入力側チャネル導波路 1 0 1 と一本の出力側チャネル導波路 1 0 5 とが使用されるのが一般的である。

【 0 0 1 1 】

また、ここでは、アレイ導波路回折格子型の光合分波回路の一端を入力側、他端を出力側として説明したが、アレイ光導波路回折格子型の光合分波回路がアレイ導波路を中心に対称に作られている場合、入出力を逆に使用することが可能である。すなわち、上記の出力側の合波出力が得られるチャネル導波路に波長の異なる光信号が合波された信号を入力した場合、光信号は上述の場合と逆の方向に進行し、入力側でそれぞれ所定のチャネル導波路に分波されて出力される。

【 0 0 1 2 】

すなわち、アレイ光導波路回折格子型の光分合波回路を光分波回路として使用する場合は、上記の合波回路と逆に使用すればよい。すなわち、光分波回路として使用する場合は、1 本の入力側チャネル導波路と分波すべき波長数と同数の出力側チャネル導波路を使用することになる。

【 0 0 1 3 】

また、アレイ光導波路回折格子型の光分合波回路は、同一基板上に複数形成し、小型化することも有効である。

【 0 0 1 4 】

図 2 6 は、アレイ光導波路回折格子型の光分合波回路の入出力チャネル導波路を模式的に示す。以下、合波回路の特性を説明する。

【 0 0 1 5 】

ここで、# 1, # 2, … # n は入力側チャネル導波路、* 1, * 2, … * n は

出力側チャネル導波路である。ここで、 $\# 1$, $\# 2$, $\dots \# n$ に前述のような波長が例えば 100GHz あるいは 50GHz 間隔の複数の光信号を短波長から長波長側へ、あるいは長波長から短波長側へ順次、対応する波長の光信号を入力した場合、合波出力が得られる出力側チャネル導波路を $*J$ として示している。

【0016】

図 27 (a) は、図 26 の $\# 1$ と $*J$ との間の光透過波長特性を示す。

【0017】

縦軸が光透過率であり、縦軸の上の方が光の透過率が大きく、光の減衰が少ないことを表している。すなわち、入力側伝送チャネル導波路 $\# 1$ に所定の波長 λ_1 を入力した場合、波長 λ_1 を中心にその近傍の光信号が伝送され、波長が λ_1 から短波長側、或いは長波長側へ偏移した場合、光透過率が減少し、伝送損失が増大し、 λ_1 から十分離れた波長においては非常に大きな減衰を受ける。

【0018】

光透過波長特性は、同図のように、最も透過率の高い中心波長の近傍は一般にガウス型を持つが、各種の工夫により所定の波長範囲で平坦な光透過波長特性も実現されている。ここではガウス型を例にして説明する。

【0019】

同様に、図 27 (b) は、図 26 の $\# 2$ と $*J$ との間の光透過波長特性を示す。さらに、図 27 (c) は、図 26 の $\# 1$, $\# 2$, $\dots \# n$ と $*J$ との間の光透過特性を合成して示す。

【0020】

$\# 1$, $\# 2$, $\dots \# n$ のそれぞれに波長 λ_1 , λ_2 , \dots , λ_n の光信号を入力した場合、これらが合波されて $*J$ に出力されることを表している。

【0021】

また、前述のように分波回路として使用する場合は、 $*J$ に波長 λ_1 , λ_2 , \dots , λ_n の光信号が合波された信号を入力した場合、これらが分波されて $\# 1$, $\# 2$, $\dots \# n$ へ出力される時の光透過波長特性を表していると考えられる。

【0022】

ここに述べた光合波回路の諸特性は各チャネル導波路のスラブ導波路端面近傍における導波路幅と形状、設置位置と間隔等により決定されるが、これらの関係については広く開示されている。

【 0 0 2 3 】

なお、上記のAWG光合波・分波回路の動作原理および基本機能については、例えば、特許第2599786号公報、特開平5-313029号公報等を開示されている。

【 0 0 2 4 】

【発明が解決しようとする課題】

光伝送装置では、光通信システムの伝送効率を上げるため、光波長多重数を増加させる必要があり、波長多重数 n を16～32チャネル、或いはそれ以上とする傾向がある。これに伴ない、光信号の所定の波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の波長間隔が従来の100から50GHzへ、将来はさらに狭い波長間隔へ向かい、厳しい仕様要請がAWG光合波・分波回路とその周辺回路に課せられている。

【 0 0 2 5 】

光発振回路或いは電気光変換回路には、一般にレーザーダイオードが用いられるが、その発振波長の安定性に関してそのような厳しい仕様要請を受け、例えば±10GHz以内への波長制御からさらに±5GHz以内への波長制御を要請され、光発振回路はより高精度に発光波長の安定化を計ることが必須になっている。このように光波長の高精度な制御を行うために、レーザーダイオードの温度などを制御する方法が用いられている。

【 0 0 2 6 】

また、波長多重伝送装置においては、受信装置において、受信した波長多重信号を分波回路で各波長の光信号に分波した後、波長の所定波長からの偏移量を監視・制御する回路構成を提案している例として、特開2000-65686号公報、特開2000-78085号公報があるが、これらはいずれも、従来の光合波回路、分波回路を上記したような単純な合波機能、分波機能として使ったものであり、光合波・分波回路以外の周辺回路に対して、より複雑な回路構成を必要としている。

【 0 0 2 7 】

換言すれば、従来においては、外部に分波回路を設置し、分波された信号の波長の偏差をフィルターなどにより検出し、その結果を基に電気光変換回路すなわちレーザーダイオードの波長を制御していたため、回路規模が増大し、大型化していた。

【 0 0 2 8 】

特に、波長多重数が 1 6 或いは 3 2 と多くなるに従って、実装上の困難が増大し、かつ、経済的にも大きな負担となっていた。

【 0 0 2 9 】

そこで、本発明の目的は、簡単な回路構成で、光波長の高精度な制御を行うことが可能な光合波装置を提供することにある。

【 0 0 3 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波回路であって、複数の光信号が各々入力される複数の入力側伝送チャネル導波路と、該入力側伝送チャネル導波路とは光の導入方向が反対とされかつ分波光を出力する、第 1 と第 2 を一対とした複数対の入力側監視チャネル導波路と、前記複数の入力側伝送チャネル導波路、および、前記複数対の入力側監視チャネル用導波路が、第 1 端面に接続された入力側スラブ導波路と、前記複数の入力側伝送チャネル導波路から伝送された前記複数の光信号が合波された合波光が導かれる、少なくとも 1 つの出力側伝送チャネル導波路と、前記出力側伝送チャネル導波路とは光の導入方向が反対とされかつ前記複数対の入力側監視チャネル導波路に対して前記分波光を伝送する、少なくとも 1 つの出力側監視チャネル導波路と、前記少なくとも 1 つの出力側伝送チャネル導波路、および、前記少なくとも 1 つの出力側監視チャネル導波路が、第 4 端面に接続された出力側スラブ導波路と、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に対向する第 2 端面に接続され、かつ、前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に対向する第 3 端面に接続された、光路長の異なる複数の光導波路からなるアレイ導波路とを具えることによって光合波回路を構成し、ここで、前記合波光を前記出力側監視チャネル導波路から前記出

力側スラブ導波路の前記第4端面に導入した場合、該合波光は該出力側スラブ導波路を通過し、前記入力側スラブ導波路により分波されて前記分波光として当該第1端面に導かれ、該分波光は対応する波長の前記各対の入力側監視チャンネル導波路へ出力されることを特徴とする。

【0031】

この光合波回路において、前記入力側スラブ導波路の前記第1端面において、前記複数の入力側伝送チャンネル導波路の各々を、所定の間隔で配置し、前記複数対の入力側監視チャンネル導波路を構成する前記各対の入力側監視チャンネル導波路を、該各対の中央位置において所定の間隔で配置し、前記複数の入力側伝送チャンネル導波路の各々が配置される所定の間隔と、前記複数対の入力側監視チャンネル導波路の各対が配置される各対の中央位置における所定の間隔とは、所定の相関関係を有し、前記出力側スラブ導波路の前記第4端面において、前記出力側伝送チャンネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第1端面に配置される前記複数の入力側伝送チャンネル導波路と相対的な位置関係にあつて、かつ、該複数の入力側伝送チャンネル導波路から伝送される前記複数の光信号を合波して前記合波光を生成する位置に配置し、前記出力側監視チャンネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第1端面に配置される前記各対の入力側監視チャンネル導波路と相対的な位置関係にあつて、かつ、該各対の入力側監視チャンネル導波路に導かれる前記分波光を生成する位置に配置してもよい。

【0032】

本発明は、複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波回路であつて、複数の光信号が各々入力される複数の入力側伝送チャンネル導波路と、該入力側伝送チャンネル導波路とは光の導入方向が同一とされかつ合波光が入力される、少なくとも1つの入力側監視チャンネル導波路と、前記複数の入力側伝送チャンネル導波路、および、前記少なくとも1つの入力側監視チャンネル用導波路が、第1端面に接続された入力側スラブ導波路と、前記複数の入力側伝送チャンネル導波路から伝送された前記複数の光信号が合波された合波光が導かれる、少なくとも1つの出力側伝送チャンネル導波路と、前記出力側伝送チャンネル導波路とは光の導入方向が同一とされかつ前記複数対の入力側監視チャンネル導波路から伝

送された前記分波光が入力される、第 1 と第 2 とを一对とした複数対の出力側監視チャンネル導波路と、前記少なくとも 1 つの出力側伝送チャンネル導波路、および、前記複数対の出力側監視チャンネル導波路が、第 4 端面に接続された出力側スラブ導波路と、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に対向する第 2 端面に接続され、かつ、前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に対向する第 3 端面に接続された、光路長の異なる複数の光導波路からなるアレイ導波路とを具えることによって光合波回路を構成し、ここで、前記合波光を前記入力側監視チャンネル導波路から前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に導入した場合、該合波光は該入力側スラブ導波路を通過し、前記出力側スラブ導波路により分波されて前記分波光として当該第 4 端面に導かれ、該分波光は対応する波長の前記各対の出力側監視チャンネル導波路へ出力されることを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

この光合波回路において、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面において、前記複数の入力側伝送チャンネル導波路の各々を、所定の間隔で配置し、前記入力側監視チャンネル導波路は、前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面に配置される前記各対の出力側監視チャンネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該各対の出力側監視チャンネル導波路に導かれる前記分波光を生成する位置に配置し、前記出力側スラブ導波路の前記第 4 端面において、前記複数対の出力側監視チャンネル導波路を構成する前記各対の出力側監視チャンネル導波路は、該各対の中央位置において所定の間隔で配置し、前記複数の入力側伝送チャンネル導波路の各々が配置される所定の間隔と、前記複数対の出力側監視チャンネル導波路の各対が配置される各対の中央位置における所定の間隔とは、所定の相関関係を有し、前記出力側伝送チャンネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に配置される前記複数の入力側伝送チャンネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該複数の入力側伝送チャンネル導波路から伝送される前記複数の光信号を合波して前記合波光を生成する位置に配置してもよい。

【 0 0 3 4 】

本発明は、複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波回路であって、複数の光信号が各々入力される複数の入力側伝送チャンネル導波

路と、該入力側伝送チャンネル導波路とは光の導入方向が反対とされかつ分波光が出力される、第1と第2を一对とした複数対の入力側監視チャンネル導波路と、前記複数対の入力側伝送チャンネル導波路、および、前記複数対の入力側監視チャンネル導波路が、第1端面に接続された入力側スラブ導波路と、前記複数対の入力側伝送チャンネル導波路から伝送された前記複数対の光信号が合波された合波光が対の各々に分割されて導かれる、第1と第2の対をなす出力側伝送チャンネル導波路と、前記対をなす出力側伝送チャンネル導波路とは光導入方向が反対とされかつ前記複数対の入力側監視チャンネル導波路に対して前記分波光を伝送する、第1と第2の対をなす出力側監視チャンネル導波路と、前記第1と第2の対をなす出力側伝送チャンネル導波路、および、前記第1と第2の対をなす出力側監視チャンネル導波路が、第4端面に接続された出力側スラブ導波路と、前記入力側スラブ導波路の前記第1端面に対向する第2端面に接続し、かつ、前記出力側スラブ導波路の前記第4端面に対向する第3端面に接続した、光路長の異なる複数対の光導波路からなるアレイ導波路とを具えることによって光合波回路を構成し、ここで、前記合波光が分割された光を前記一对の出力側監視チャンネル導波路から前記出力側スラブ導波路の前記第4端面に導入した場合、該合波光は該出力側スラブ導波路を通過し、前記入力側スラブ導波路により分波されて前記分波光として当該第1端面に導き、該分波光は対応する波長の前記各対の入力側監視チャンネル導波路へ出力することを特徴とする。

【 0 0 3 5 】

この光合波回路において、前記入力側スラブ導波路の前記第1端面において、前記複数対の入力側伝送チャンネル導波路の各々を、所定の間隔で配置し、前記複数対の入力側監視チャンネル導波路を構成する前記各対の入力側監視チャンネル導波路は、該各対の一方を基準位置において所定の間隔で配置し、前記複数対の入力側伝送チャンネル導波路の各々が配置される所定の間隔と、前記複数対の入力側監視チャンネル導波路の一方が配置される所定の間隔とは、所定の相関関係を有し、前記出力側スラブ導波路の前記第4端面において、前記一对の出力側伝送チャンネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第1端面に配置される前記複数対の入力側伝送チャンネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該複数対の入力側伝送チ

ヤネル導波路から伝送される前記複数の光信号を合波して前記合波光を生成する位置に配置し、前記一对の出力側監視チャネル導波路は、前記入力側スラブ導波路の前記第 1 端面に配置される前記各対の入力側監視チャネル導波路と相対的な位置関係にあって、かつ、該各対の入力側監視チャネル導波路に導かれる前記分波光を生成する位置に配置してもよい。

【 0 0 3 6 】

本発明は、複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波装置であって、上記いずれかに記載の光合波回路と、前記光合波回路から出力される合波光の一部を、検査用信号として抽出する抽出手段と、前記抽出した前記検査用信号を、前記光合波回路内に再度導入する検査信号再導入手段と、前記合波領域内に再度導入された前記検査用信号を、該再度導入された端面とは反対側に位置する端面で検出する検査信号検出手段とを具えることによって光合波装置を構成する。

【 0 0 3 7 】

この光合波装置において、前記抽出手段は、前記光合波回路の出力側の端面から出力される前記合波光の一部を分岐して前記検査用信号として取り出す分岐部を具え、前記検査信号再導入手段は、前記分岐部と接続されると共に、前記光合波回路の出力側の端面に設けられた、第 1 の検査用端子部を具え、前記検査信号検出手段は、前記光合波回路の入力側の端面に設けられた、複数対の第 2 の検査用端子部を具え、ここで、前記光合波回路の出力側の端面から出力された前記合波光を、前記分岐部により分岐され前記検査用信号として取り出し、前記取り出された検査用信号を、前記第 1 の検査用端子部から前記光合波回路内に再度導入し、前記複数対の第 2 の検査用端子部からそれぞれ検査用信号として出力してもよい。

【 0 0 3 8 】

上記光合波装置において、前記抽出手段は、前記光合波回路の出力側の端面から出力される前記合波光の一部を分岐して前記検査用信号として取り出す分岐部を具え、前記検査信号再導入手段は、前記分岐部と接続されると共に、前記光合波回路の入力側の端面に設けられた、第 3 の検査用端子部を具え、前記検査信号

検出手段は、前記光合波回路の出力側の端面に設けられた、複数対の第4の検査用端子部を具え、ここで、前記光合波回路の出力側の端面から出力された前記合波光を、前記分岐部により分岐され前記検査用信号として取り出し、前記取り出された検査用信号を、前記第3の検査用端子部から前記光合波回路内に再度導入し、前記複数対の第4の検査用端子部からそれぞれ検査用信号として出力してもよい。

【0039】

上記光合波装置において、前記抽出手段は、前記光合波回路の出力側の端面に設けられた、一对の第5の検査用端子部と、前記一对の第5の検査用端子部に接続され、該各第5の検査用端子部から出力される前記合波光の一部を分岐して前記検査用信号として取り出す一对の分岐部とを具え、前記検査信号再導入手段は、前記各分岐部にそれぞれ接続されると共に、前記第5の検査用端子部と同一端面側に設けられた、一对の第6の検査用端子部を具え、前記検査信号検出手段は、前記光合波回路の入力側の端面に設けられた、複数対の第7の検査用端子部を具え、ここで、前記光合波回路の出力側の前記各第5の検査用端子部からそれぞれ出力された前記合波光を、前記各分岐部により分岐され前記検査用信号としてそれぞれ取り出し、前記取り出した各検査用信号を、前記各第6の検査用端子部から前記光合波回路内に再度導入し、前記各第7の検査用端子部から検査用信号としてそれぞれ出力してもよい。

【0040】

本発明は、複数の光信号が入力され、波長多重化された合波光を出力する光合波回路を有する光合波装置であって、前記光合波回路から出力される合波光の一部を、検査用信号として抽出する抽出手段と、前記抽出した前記検査用信号を、前記光合波回路内に再度導入する検査信号再導入手段と、前記合波領域内に再度導入された前記検査用信号を、該再度導入された端面とは反対側に位置する端面で検出する検査信号検出手段とを具えることによって、光合波装置を構成する。

【0041】

この光合波装置において、前記光合波回路と前記抽出手段を、又は、前記光合波回路と前記抽出手段と前記検査信号再導入手段とを、一体に集積化して構成し

てもよい。

【 0 0 4 2 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 4 3 】

〔第 1 の例〕

本発明の第 1 の実施の形態を、図 1 ～図 9 に基づいて説明する。

【 0 0 4 4 】

（概要）

まず、本発明の概要について説明する。

【 0 0 4 5 】

従来では、単純な光合波回路、分波回路としてしか使用されなかった A W G 光合波・分波回路が本来持つ高機能な光信号処理機能に着目し、単なる光合波・分波回路ではなく、発振波長の安定化制御の支援機能を有する改良型の光合波・分波回路を提案するものである。

【 0 0 4 6 】

A W G 光合波・分波回路が本来持つ高機能な光信号処理機能は、例えば、特開平 6 - 2 3 2 8 4 3 号公報等にも示されており、前述した特開 2 0 0 0 - 6 5 6 8 6 号公報では特殊な機能を持つ A W G 光合波回路が波長制御用の周辺回路として利用されている等、断片的な基本技術としては知られているが、上記のような目的を持った高機能の A W G 光合波・分波回路として構成する提案はなされておらず、実現した例はなかった。

【 0 0 4 7 】

そこで、本発明では、以下の構成要件とするものである。

【 0 0 4 8 】

光合波装置は、後述する図 1 および図 7 において、複数の光信号を、合波領域 3 0 （すなわち前述した図 2 5 の 1 0 1 ～ 1 0 5 の構成要素）の一方の端面 1 0 （すなわち入力側チャネル導波路 1 0 1）から入力して合波し、該合波領域 3 0 の他方の端面 2 0 （すなわち出力側チャネル導波路 1 0 5）から 1 つの波長多重

化された波長多重光信号として出力するような場合において、

合波領域 3 0 の出力側の端面 2 0 から出力される波長多重光信号の一部を、検査用信号として抽出する抽出手段 (5 0, 2 1 0) と、該抽出した検査用信号を合波領域 3 0 内に再度導く検査信号再導入手段 (2 2 0, 7 0) と、合波領域 3 0 内に再度入力された検査用信号を該再度入力された端面 2 0 とは反対側に位置する端面 1 0 で検出する検査信号検出手段 (6 0) と、該検出された検査用信号の状態を判別し、該判別結果に基づいて合波領域 3 0 に入力される複数の光信号の動作制御を行うための制御信号を出力する動作制御手段 (2 3 0) とを設けたことを特徴とするものである。

【 0 0 4 9 】

本例においては、上記光合波装置の各部は、以下のような構成とする。

【 0 0 5 0 】

抽出手段は、出力側の端面 2 0 から出力される波長多重信号の一部を分岐して検査用信号として取り出す分岐部 (2 1 0) を有する。

【 0 0 5 1 】

検査信号再導入手段は、分岐部 (2 1 0) と接続され、複数の光信号を伝送する伝送導波路 4 0 の光透過波長帯域幅と同等の帯域幅および光透過波長特性をもち、かつ、出力側の端面 2 0 に設けられた第 1 の検査用端子部 (2 2 0, 7 0) を有する。

【 0 0 5 2 】

検査信号検出手段は、入力端子 1 0 1 と同一端面 1 0 側に設けられ、所定の光透過波長特性をもつ第 2 の検査用端子部 (6 0) を有する。その光透過波長特性としては、例えば、複数の光信号を伝送する伝送導波路 4 0 の光透過波長帯域幅の約半分の帯域幅をもち、かつ、互いに重なり合う 2 つの山型を形成すると共に、該合成された 2 つの山型の波長帯域の中心波長が伝送する複数の光信号のそれぞれに対応する基準となる波長と略一致するように設定されたような特性である。

【 0 0 5 3 】

上記構成としたことにより、合波領域 3 0 の出力側の端面 2 0 から出力された

波長多重光信号は、分岐部（210）により分岐され検査用信号として取り出され、該取り出された検査用信号は、一方の第1の検査用端子部（220, 70）から合波領域30内に再度導入され、他方の第2の検査用端子部（60）から2つの検査用信号として出力され、該出力された検査用信号に基づいて制御信号が出力される。

【0054】

そして、このようにして算出した制御信号を用いて、動作制御部240において合波領域30に入力される光信号の波長の偏移量を監視・制御することが可能となる。

【0055】

なお、チャネル導波路の幅と光透過波長帯域との関係は、一義的には決定されないものの強い相関関係にあり、チャネル導波路の幅を広くすれば、光透過波長帯域も広くなる傾向にある。

【0056】

また、対をなすチャネル導波路の光透過波長帯域を、伝送チャネル導波路の光透過波長帯域よりも狭く、すなわち、対をなす監視チャネル導波路の幅を入力側伝送チャネル導波路の幅よりも狭くすることは、光合波回路の小型化の点で有効である。

【0057】

以下、具体例を挙げて説明する。

【0058】

（具体例）

次に、本発明に係る光合波装置の具体的な構成を、図1～図9に基づいて説明する。

【0059】

本発明に係る光合波装置は、合波領域30を含む光合波回路1と、光信号の波長監視・制御機能を有する波長制御回路200とに大別される。

【0060】

合波領域30は、前述した従来例の図25を参照して、複数の光信号（波長 λ

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) に対応して設けられた複数の入力側チャネル導波路 1 0 1 と、入力側スラブ導波路 1 0 2 と、光路長の異なる複数の光導波路からなるアレイ導波路 1 0 3 と、出力側スラブ導波路 1 0 4 と、複数の出力側チャネル導波路 1 0 5 とによって構成される。

【 0 0 6 1 】

波長制御回路 2 0 0 は、合波領域 3 0 以外の領域であり、詳細な説明は後述する図 7 ～図 9 を用いて行う。

【 0 0 6 2 】

(光合波回路)

まず、光合波回路 1 を、図 1 ～図 3 に基づいて説明する。

【 0 0 6 3 】

図 1 は、本発明に係るアレイ導波路回折格子型の光合波回路 1 の構成を示す。

【 0 0 6 4 】

1 0 は、図 2 5 に示す入力側スラブ導波路 1 0 2 の入力側の端面に対応する。
2 0 は、図 2 5 に示す出力側スラブ導波路 1 0 4 の出力側の端面に対応する。これにより、入力側の端面 1 0 と出力側の端面 2 0 との間の合波領域 3 0 が、図 2 5 の構成要素 (入力側スラブ導波路 1 0 2、アレイ導波路 1 0 3、出力側スラブ導波路 1 0 4) の領域に対応する。なお、入力側／出力側のスラブ導波路 1 0 2、1 0 4 の接続構成については、後述する。

【 0 0 6 5 】

図 1 は、上記合波領域 3 0 を含む光合波回路 1 の入力側の端面 1 0 および出力側の端面 2 0 での構成を示す。

【 0 0 6 6 】

(入力側の端面)

入力側の端面 1 0 には、以下の部材 4 0、6 0 が設けられている。

【 0 0 6 7 】

4 0 は、入力側の伝送チャネル導波路である。伝送チャネル導波路 4 0 を複数設けることによって、伝送チャネル導波路群 (T_1, T_2, \dots, T_n) を構成する。

【 0 0 6 8 】

6 0 は、監視チャネル導波路である。対をなす監視チャネル導波路 6 0 を複数組設けることによって、監視チャネル導波路群（（S 1 1, S 1 2）, （S 2 1, S 2 2）, …（S n 1, S n 2））を構成する。

【 0 0 6 9 】

ここで、例えば入力側の各監視チャネル導波路 6 0 の光透過波長帯域は、入力側の伝送チャネル導波路 4 0 の光透過波長帯域のおよそ半分の帯域を有するように設定されている。

【 0 0 7 0 】

入力側の伝送チャネル導波路 4 0、および、各監視チャネル導波路 6 0 は、合波領域 3 0 内では、図 2 5 の入力側チャネル導波路 1 0 1 として構成される。

【 0 0 7 1 】

（出力側の端面）

出力側の端面 2 0 には、以下の部材 5 0, 7 0 が設けられている。

【 0 0 7 2 】

5 0 は、出力側の伝送チャネル導波路（T 0）である。

【 0 0 7 3 】

7 0 は、出力側の監視チャネル導波路（S 0）である。

【 0 0 7 4 】

ここで、出力側の各監視チャネル導波路 S 0 の光透過波長帯域は、出力側の伝送チャネル導波路 T 0 の帯域と同等に設定されている。

【 0 0 7 5 】

出力側の伝送チャネル導波路 5 0、および、出力側の監視チャネル導波路 7 0 は、合波領域 3 0 内では、図 2 5 の出力側チャネル導波路 1 0 5 として構成される。

【 0 0 7 6 】

（導波路設置位置の関係）

出力側の伝送チャネル導波路 T 0 は、出力側スラブ導波路 1 0 4 内において入力側の伝送チャネル導波路 T 1, T 2, … T n に、それぞれ波長 λ_1 , λ_2 , …

、 λ_n の光信号を入力した場合、これら光信号が合波領域 30 で合波されて出力されるような所定の位置に配列されている。

【0077】

また、入力側の監視チャネル導波路対群 (S_{11} , S_{12}), (S_{21} , S_{22}), \dots (S_{n1} , S_{n2}) は、入力側スラブ導波路 102 内において出力側の監視チャネル導波路 S0 に合波信号 (すなわち、波長 λ_1 , λ_2 , \dots , λ_n の光信号からなる波長多重化された波長多重光信号の一部を抽出した信号) を入力した場合、これらが合波領域 30 で分波されて、それぞれの対応する入力側の監視チャネル導波路対に出力される位置、すなわち、(S_{11} , S_{12}), (S_{21} , S_{22}), \dots (S_{n1} , S_{n2}) の各入力側の監視チャネル導波路対の光透過波長特性を合成した光透過波長特性の中心波長が波長 λ_1 , λ_2 , \dots , λ_n とそれぞれ一致する位置に配置する。

【0078】

(光透過波長特性)

本例では、図 1 において、入力側の対をなす第 1 或いは第 2 の監視チャネル導波路 60 と、出力側の監視チャネル導波路 70 との間の一对の監視用光透過波長帯域、および、入力側の伝送チャネル導波路 40 と出力側の伝送チャネル導波路 50 との間の伝送用光透過波長帯域は、合波領域 30 内の導波路形状と配置位置とによって決定される。この場合、監視用光透過波長帯域の各々は、例えば、伝送用光透過波長帯域よりも狭く、かつ、相互に略等しい関係にある。

【0079】

ここで、複数の入力側伝送チャネル導波路 40 の各々が配置される所定の間隔と、複数対の入力側監視チャネル導波路 60 の各対が配置される各対の中央位置における所定の間隔とは、所定の相関関係を有する。

【0080】

この所定の相関関係とは、複数の入力側伝送チャネル導波路 40 の各々が配置される所定の間隔と、複数対の入力側監視チャネル導波路 60 の各対が配置される各対の中央位置における所定の間隔とは、それぞれ対応するものが等しい関係にあるか、或いは、比例関係にあることをいう。

【 0 0 8 1 】

また、例えば、入力側の対をなす監視チャネル導波路 6 0 を構成する各チャネル導波路の幅を、入力側の伝送チャネル導波路 4 0 の幅に対して、狭く若しくは広くなるように設定してもよい。

【 0 0 8 2 】

なお、ここでは監視用光透過波長帯域の各々は、伝送用光透過波長帯域よりも狭い場合について説明したが、この条件は本発明の必須の条件ではない。すなわち、監視用光透過波長帯域の各々が互いに重なり合う部分が光信号の波長の偏移を検出するために重要であり、監視用光透過波長帯域の幅の広さには関係しない。

【 0 0 8 3 】

以下、具体的に説明する。

【 0 0 8 4 】

図 2 (a) は、入力側の伝送チャネル導波路 T_1 , T_2 , \dots T_n と、出力側の伝送チャネル導波路 T_0 との間の光透過波長特性を合成して示したものである。

【 0 0 8 5 】

この場合、入力側の伝送チャネル導波路 T_1 に波長 λ_1 の光信号、同じく、入力側の伝送チャネル導波路 T_2 に波長 λ_2 の光信号、 \dots 、入力側の伝送チャネル導波路 T_n に λ_n の波長の光信号をそれぞれ入力した場合、出力側の伝送チャネル導波路 T_0 にこれら光信号が合成されて出力されることを表している。

【 0 0 8 6 】

図 2 (b) は、入力側の監視チャネル導波路対 (S_{11} , S_{22}) と、出力側の監視チャネル導波路 S_0 との間の光透過波長特性を示す。

【 0 0 8 7 】

この場合、入力側の監視チャネル導波路対 (S_{11} , S_{22}) の各々は、例えば、伝送チャネル導波路 4 0 の光透過波長帯域のおよそ半分の帯域を有し、互いに重なり合う 2 つの山型を形成し、入力側の監視チャネル導波路 S_{11} と S_{12} との光透過波長特性の交点が波長 λ_1 に一致するように設定する。

【 0 0 8 8 】

このように設定された状態においては、出力側の監視チャネル導波路 S_0 から波長 λ_1 の光信号を入力した場合、この光信号は入力側の監視チャネル導波路 S_{11} と S_{12} との両方に 2 分されて、両方に出力される。

【 0 0 8 9 】

なお、2 分とは、図 2 (b) に示すように、監視チャネル導波路 S_{11} の波長帯域と監視チャネル導波路 S_{12} の波長帯域との関係において、波長 λ_1 を中心として、上下の 2 つの波長領域が存在することを意味する。

【 0 0 9 0 】

これにより、例えば、光信号の波長が λ_1 より短い波長に変化した場合は、光信号は、入力側の監視チャネル導波路 S_{11} の方に多く、 S_{12} の方に少なく分割されて、それぞれに出力される。

【 0 0 9 1 】

逆に、光信号の波長が λ_1 より長い波長に変化した場合は、入力側の監視チャネル導波路 S_{11} の方に少なく、 S_{12} の方に多く分割されて、それぞれに出力される。

【 0 0 9 2 】

このように入力側の監視チャネル導波路 S_{11} と S_{12} とに出力される光信号の大きさの変化に応じて、光信号の波長が所定の値より短波長側或いは長波長側にどの程度変化したかを検出できる。

【 0 0 9 3 】

従って、このような複数の入力側の監視チャネル導波路対 (S_{12} , S_{22}), (S_{21} , S_{22}), \dots (S_{n1} , S_{n2}) の各対の光透過波長特性を合成した波長帯域の中心波長が、各伝送チャネル導波路の光透過波長帯域の中心波長 λ_1 , λ_2 , \dots , λ_n と一致するように、すなわち、伝送する複数の光信号のそれぞれに対応する基準となる波長と一致するように配置する。

【 0 0 9 4 】

図 2 (c) は、上記位置関係で配置された入力側の監視チャネル導波路対群 (S_{12} , S_{22}), (S_{21} , S_{22}), \dots (S_{n1} , S_{n2}) と、出力側の監視チャネル導波路 S_0 との間の光透過波長特性を合成して示すものである。

【 0 0 9 5 】

この場合、出力側の監視チャネル導波路 S_0 に、波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ が合波された信号を入力した場合、入力側の監視チャネル導波路対にそれぞれの波長の光信号が分波されて出力され、また、波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ が入力側の各監視チャネル導波路対の光透過波長特性の中心にあることを示す。

【 0 0 9 6 】

例えば、入力側の監視チャネル導波路対 (S_{21}, S_{22}) には、出力側の監視チャネル導波路 S_0 から波長 λ_2 の光信号が分波されて出力される。この場合、波長 λ_2 は、入力側の監視チャネル導波路対 (S_{21}, S_{22}) の光透過波長特性の中心にある。

【 0 0 9 7 】

以上のような関係をもって伝送チャネル導波路 $4_0, 5_0$ と監視チャネル導波路 $6_0, 7_0$ とを配列した場合、一般に、入力側の伝送チャネル導波路 4_0 (T_1, T_2, \dots, T_n) のそれぞれの中心相互間の間隔は波長と光合波回路 1 の各種定数との関係で決定される距離となり、かつ、その距離は、対応する入力側の各監視チャネル導波路対 ($(S_{11}, S_{12}), (S_{21}, S_{22}), \dots$ 、又は (S_{n1}, S_{n2})) のそれぞれの中心の相互の間隔に一致する。

【 0 0 9 8 】

しかし、入力側の伝送チャネル導波路 4_0 の中心と、入力側の監視チャネル導波路対 6_0 の中心とは必ずしも所定の間隔に配列する必要は無く、伝送チャネル導波路 4_0 相互間および監視チャネル導波路 6_0 相互間の間隔を所定の距離に保つことが重要である。

【 0 0 9 9 】

図 2 において、監視チャネル導波路の光透過波長帯域は、伝送チャネル導波路の光透過波長帯域より狭く設定した場合について説明している。さらに、以下の説明においても同様である。

【 0 1 0 0 】

(変形例)

光合波回路 1 の変形例を、図 3 に基づいて説明する。

【0101】

伝送チャネル導波路40と監視チャネル導波路60は全て交互に配列する必要は無く、図3(a)に示すように、伝送チャネル導波路40と監視チャネル導波路60とが互いに相手の一部を挟むように配列してもよい。また、図3(b)に示すように、伝送チャネル導波路40と監視チャネル導波路60とが互いに開いてを挟まないように配列してもよい。

【0102】

以上の説明では、入力側の監視チャネル導波路60の各対における光透過波長特性は、互いに同一の形状をもち、その中心波長においては、両チャネルに光信号が2等分されると仮定している。

【0103】

ただし、一般的には、これらの両チャネルの光透過波長特性は、製造偏差などにより必ずしも完全に同一形状にはならない。このような場合は、後述するように、予め各対の両方の監視チャネル導波路60の光透過波長特性を測定して、外部回路において記憶し、補正することが可能である。従って、監視チャネル導波路60の各対の光透過波長特性の形状は完全に一致している必要はない。

【0104】

ここで、「出力側の監視チャネル導波路70の光透過波長帯域は、伝送チャネル導波路40の光透過波長帯域と同等」、あるいは、「入力側の監視チャネル導波路60の光透過波長帯域は、伝送チャネル導波路40の光透過波長帯域のおよそ半分」という、表現を用いた理由について述べる。

【0105】

各チャネル導波路の光透過波長帯域は、光信号の伝送に必要な帯域に対して、十分な余裕を持つように広く設定されているのが通例である。従って、各チャネル導波路の光透過波長帯域には余裕があるのが一般的であり、通常、厳密に「同一」あるいは「半分」である必要はないためである。これらの点は、以下に述べる各例においても同様である。

【0106】

(入力側／出力側のスラブ導波路構造)

次に、入力側スラブ導波路 1 0 2、および、出力側スラブ導波路 1 0 4 の端面部の構造を、図 4 ～図 6 に基づいて説明する。

【 0 1 0 7 】

図 4 は、図 1 の合波回路 1 の内部構成を示す。以下、図 5 および図 6 に基づいて詳細に説明する。

【 0 1 0 8 】

図 5 は、入力側スラブ導波路 1 0 2 の端面部の構造を示す。

【 0 1 0 9 】

入力側スラブ導波路 1 0 2 の入力側の端面 1 0（第 1 端面）において、入力側伝送チャンネル導波路群 T_1, T_2, \dots, T_n の各々の入力側伝送チャンネル導波路 4 0 は、所定の間隔で配置されている。

【 0 1 1 0 】

なお、ここでいう、所定の間隔とは、伝送される光信号の各波長やスラブ導波路 1 0 2 の端面 1 0 と対向する端面（アレイ導波路が配置されている端面） 1 1 の間の距離等に依存して、公知の設計法により決定される間隔のことをいい、以下、この表現については、同様な意味をもつものとする。

【 0 1 1 1 】

入力側監視チャンネル導波路対群（（ S_{11}, S_{12} ）、（ S_{21}, S_{22} ）、 \dots 、（ S_{n1}, S_{n2} ））において、各入力側監視チャンネル導波路対は、該各対の中央位置が互いに所定の間隔となるように配置されている。

【 0 1 1 2 】

例えば、入力側監視チャンネル導波路対（ S_{11}, S_{12} ）の中央位置（すなわち、分岐の付け根部分 P）と、入力側監視チャンネル導波路対（ S_{21}, S_{22} ）の中央位置（すなわち、分岐の付け根部分 Q）との間の間隔は、前記所定の間隔となるように配置されている。

【 0 1 1 3 】

また、図 5 においては、各入力側監視チャンネル導波路対を構成する入力側監視チャンネル導波路 6 0 の導波路幅は、入力側伝送チャンネル導波路 4 0 の導波路幅よりも狭く設定されている場合を示している。このように、入力側監視チャンネル導

波路 6 0 の導波路幅は、入力側伝送チャネル導波路 4 0 の導波路幅の略半分に設定してもよい。さらに、入力側監視チャネル導波路 6 0 の導波路幅を、入力側伝送チャネル導波路 4 0 の導波路幅よりも狭く設定することは光合波回路の小型化に有効である。

【 0 1 1 4 】

図 6 は、出力側スラブ導波路 1 0 4 の端面部の構造を示す。

【 0 1 1 5 】

出力側スラブ導波路 1 0 4 の出力側の端面 2 0 (第 4 端面) において、出力側伝送チャネル導波路 5 0 (T 0) は、入力側スラブ導波路 1 0 2 の端面 1 0 (第 1 端面) に配置される各対の入力側伝送チャネル導波路 4 0 と相対的な位置関係にある。

【 0 1 1 6 】

この相対的な位置関係とは、出力側伝送チャネル導波路 5 0 (T 0) が、入力側伝送チャネル導波路群 T 1, T 2, ..., T n から伝送される複数のそれぞれ波長の異なる光信号を合波して合波光 (波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) を生成する位置に配置される関係にあることをいう。

【 0 1 1 7 】

また、出力側監視チャネル導波路 7 0 (S 0) は、入力側スラブ導波路 1 0 2 の端面 1 0 (第 1 端面) に配置される各対の入力側監視チャネル導波路 6 0 と相対的な位置関係にある。

【 0 1 1 8 】

この相対的な位置関係とは、出力側監視チャネル導波路 7 0 (S 0) が、各対の入力側監視チャネル導波路 6 0 に導かれる分波光を生成する位置に配置される関係にあることをいう。

【 0 1 1 9 】

すなわち、合波光 (波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) が出力側監視チャネル導波路 7 0 (S 0) から出力されると、波長 λ_1 の光信号は、入力側監視チャネル導波路対 (S 1 1, S 1 2) に導かれるが、このとき、波長 $\lambda_1 +$ の光信号は入力側監視チャネル導波路 S 1 1 に入力され、波長 $\lambda_1 -$ の光信号は入力側監視チャネ

ル導波路 S 1 1 に入力される。

【 0 1 2 0 】

なお、以下、波長 $\lambda_1 +$ は、波長 λ_1 よりも長波長側或いは短波長側の光信号成分を表し、また、波長 $\lambda_1 -$ は、波長 λ_1 よりも短波長側或いは長波長側の光信号成分を表し、+、- の記号は、単に説明をわかりやすくするために用いたものであり、物理的な意味はない。

【 0 1 2 1 】

(波長制御回路)

次に、波長制御回路 2 0 0 を、図 7 ～ 図 9 に基づいて説明する。

【 0 1 2 2 】

図 7 は、波長制御回路 2 0 0 の構成例を示す。

【 0 1 2 3 】

波長制御回路 2 0 0 は、前述した光合波回路 1 以外の領域によって構成される。以下、具体的に説明する。

【 0 1 2 4 】

2 1 0 は、光分岐回路 (C 0) である。

【 0 1 2 5 】

2 1 5 は、主信号 (波長多重化された波長多重光信号) を出力する光導波路 (C 0 1) である。

【 0 1 2 6 】

2 2 0 は、主信号の一部を抽出する光分岐回路 C 0 と、出力側の監視チャネル導波路 S 0 とを接続する光導波路 (C 0 2) である。

【 0 1 2 7 】

2 3 0 は、電気光変換回路 L 1, L 2, … L n の波長を所定の値に制御するための制御信号を出力する制御信号抽出回路 (C 1, C 2, … C n) である。

【 0 1 2 8 】

2 3 5 は、制御信号抽出回路 (C 1, C 2, … C n) と電気光変換回路 (L 1, L 2, … L n) とを接続する信号線である。

【 0 1 2 9 】

2 4 0 は、電気光変換回路（ L_1, L_2, \dots, L_n ）であり、一般的には、レーザーダイオードとその駆動・制御回路とによって構成される。

【0 1 3 0】

2 5 0 は、伝送すべき n チャンネルの電気信号の入力端子（ I_1, I_2, \dots, I_n ）である。

【0 1 3 1】

次に、波長制御回路 2 0 0 の動作について説明する。

【0 1 3 2】

光分岐回路 C_0 は、合波回路 1 の出力側の伝送チャンネル導波路 T_0 の出力を入力とし、その大部分を主信号側の光導波路 $C_0 1$ へ出力し、また、その主信号の一部分、通常は 1 0 % 程度を光導波路 $C_0 2$ へ出力する。

【0 1 3 3】

この場合、光分岐回路 C_0 の内部では、図 8 に示すように、光導波路 $C_0 1$ と、光導波路 $C_0 2$ とが近接して配設されている。ここで、出力側の伝送チャンネル導波路 5 0（ T_0 ）から入力された光信号（合波信号）は、出力端子側の光導波路 $C_0 1$ と光導波路 $C_0 2$ とに分岐して出力される。この光分岐比は、光導波路 $C_0 1$ と光導波路 $C_0 2$ との結合の度合いに応じて可変することが可能である。

【0 1 3 4】

そして、このようにして分岐出力された光信号は、光導波路 $C_0 2$ を介して、合波回路 1 の出力側の監視チャンネル導波路 S_0 へ入力される。

【0 1 3 5】

この出力側の端面 2 0 の監視チャンネル導波路 S_0 へ入力された光信号は、図 4 において破線で示すように（図 4 においては波長 λ_1 について示してある）、合波領域 3 0 内で反対側の入力側の端面 1 0 側へ進行し、再度分波されて、対応する入力側の各監視チャンネル導波路対（ S_{11}, S_{22} ），（ S_{21}, S_{22} ）， \dots （ S_{n1}, S_{n2} ）にそれぞれ導かれる。

【0 1 3 6】

（光透過波長特性）

ここで、光透過波長特性について説明する。

【0137】

図9は、監視チャネル導波路対（S11，S22）における光信号の分配についての詳細な説明を拡大して示すものである。

【0138】

図9（a）は、入力側の伝送チャネル導波路T1と、出力側の伝送チャネル導波路T0との間の光透過波長特性を示す。この場合、波長 λ_1 を中心とした所定の範囲で光が通過し、他の波長域では光は徐々に減衰する様子を模式的に表している。

【0139】

図9（b）は、出力側の監視チャネル導波路S0と、入力側の監視チャネル導波路対（S11，S22）との間の光透過波長特性を示す。

【0140】

図9（c）は、出力側の監視チャネル導波路S0と、入力側の監視チャネル導波路S11との間の光透過波長特性を示す。

【0141】

図9（d）は、出力側の監視チャネル導波路S0と、入力側の監視チャネル導波路S12との間の光透過波長特性を示す。

【0142】

ここで、光信号の波長が基準値 λ_1 に一致していたとすると、図9（b）のように、S11とS12の光透過率は等しいので、光信号は、2等分されて、入力側の監視チャネル導波路S11とS12には、図9（c），図9（d）において矢印で示した大きさに相当する光信号が出力される。

【0143】

そして、光信号の波長が、例えば、長波長側へ偏り λ_1' となった状態を考えると、図9（b）に示すように、S11の光透過率は小さく、S12の光透過率は大きくなるので、S11への出力は図9（c）に矢印で示すように小さくなり、一方、S12への出力は図9（d）に矢印で示すように大きくなる。

【0144】

また、光信号の波長が短波長側へ偏った状態では逆の状態となる。

【0145】

このように波長の変化により、入力側の監視チャネル導波路対の出力は一方が大きく、他方が小さくなりいわゆる差動的に変化する。この変化は、制御信号抽出回路C1において、差動増幅回路等により、例えば波長が長波長側へ偏っている場合は+の電圧、短波長側へ偏っている場合は-の電圧により波長の変化を示す制御信号へ変換することができる。

【0146】

ここの説明では、入力側の監視チャネル導波路対の各々の光透過波長特性は、同一形状であると仮定しているが、前述のように製造偏差等により、同一形状にはならない場合がある。この場合は、予め両方の光透過波長特性を測定し、その差を計測、記憶し、制御信号抽出回路C1, C2, ...Cnにおいて補正することが可能である。従って、監視チャネル導波路対の両チャネルの光透過波長特性は必ずしも同一である必要はない。なお、この条件は、以下の各例の構成においても同様である。

【0147】

そして、このようにして抽出された制御信号は、電気光変換回路L1の制御端子へ供給され、出力光波長を基準値に保つよう調整する。電気光変換回路は、一般的には、レーザーダイオードが使用されるが、この場合は、駆動バイアス電流や温度により波長を制御することができる。

【0148】

以上のように、本発明の光合波回路1は、一度合波された光信号を、該光合波回路1に一体的に形成された分波機能を利用して再度分波し、かつ、分波された光信号を2つの差動的な出力端子から取り出すことにより、波長の偏差を検出し、偏差を最小化するための制御が可能となる。

【0149】

その結果、外部に光分波回路1を設置し、分波された信号の波長の偏差をフィルタなどにより検出し、その検出結果を基に電気光変換回路すなわちレーザーダイオードの波長を制御していた従来の構成をなくすことができるため、回路規模を縮小させ、小型化を図ることができる。これにより、特に、波長多重数が1

6、あるいは32と多くなっても、実装上の負担を軽減させ、かつ、経済的にも大幅な改善を図ることができる。

【0150】

(集積化)

図7において、合波領域30と、出力側の伝送チャネル導波路50(T0)と、出力側の監視チャネル導波路70(S0)と、光分岐回路210と、該分岐回路210と該出力側の監視チャネル導波路70との間を接続するための光導波路220とを一体に集積化して構成してもよい。これにより、一段とコンパクトな構成とすることができる。なお、この集積化は、周知のICプロセス技術を用いて容易に行うことができる。

【0151】

[第2の例]

本発明の第2の実施の形態を、図10～図16に基づいて説明する。なお、前述した第1の例と同一部分についてはその説明を省略し、同一符号を付す。

【0152】

(概要)

本発明の概要について説明する。

【0153】

本例において、光合波装置の各部は、後述する図10および図15において以下のような構成とする。

【0154】

抽出手段は、出力側の端面20から出力される波長多重信号の一部を分岐して検査用信号として取り出す分岐部(310)を有する。

【0155】

検査信号再導入手段は、分岐部(310)と接続され、複数の光信号を伝送する伝送導波路50の光透過波長帯域幅と同等の帯域幅および光透過波長特性をもち、かつ、入力側の端面10に設けられた第3の検査用端子部(220, 60)を有する。

【0156】

検査信号検出手段は、出力側の端面 2 0 に設けられ、例えば、複数の光信号を伝送する伝送導波路 4 0 の光透過波長帯域幅の約半分の帯域幅をもち、かつ、互いに重なり合う 2 つの山型を形成すると共に、該合成された 2 つの山型の波長帯域の中心波長が伝送する複数の光信号のそれぞれに対応する基準となる波長と略一致するように設定された光透過波長特性をもつ、第 4 の検査用端子部 (7 0) を有する。

【0 1 5 7】

上記構成としたことにより、合波領域 3 0 の出力側の端面 2 0 から出力された波長多重光信号は、分岐部 (3 1 0) により分岐され検査用信号として取り出される。この取り出された検査用信号は、一方の第 3 の検査用端子部 (2 2 0, 6 0) から合波領域 3 0 内に再度導入され、他方の第 4 の検査用端子部 (7 0) から 2 つの検査用信号として出力される。この出力された 2 つの検査用信号に基づいて制御信号を出力する。

【0 1 5 8】

以下、具体例を挙げて説明する。

【0 1 5 9】

(具体例)

次に、本発明に係る光合波装置の具体的な構成を、図 1 0 ～図 1 6 に基づいて説明する。

【0 1 6 0】

本発明に係る光合波装置は、上記合波領域 3 0 を含む光合波回路 1 と、光信号の波長監視・制御機能をもつ波長制御回路 3 0 0 とに大別される。

【0 1 6 1】

(光合波回路)

まず、光合波回路 1 を、図 1 0 ～図 1 1 に基づいて説明する。

【0 1 6 2】

図 1 0 は、光合波回路 1 の構成を示す。

【0 1 6 3】

(入力側の端面)

入力側の端面 1 0 には、複数の伝送チャネル導波路 4 0 が所定の間隔で配置され、入力側の伝送チャネル導波路群 T_1, T_2, \dots, T_n を構成している。

【 0 1 6 4 】

また、出力側の伝送チャネル導波路 5 0 と同等の光透過波長帯域を有する 1 つの監視チャネル導波路 6 0 (S I) が、例えば、入力側の伝送チャネル導波路群 T_1, T_2, \dots, T_n の間に所定の間隔を保って配置されている。

【 0 1 6 5 】

入力側の伝送チャネル導波路 4 0、および、監視チャネル導波路 6 0 は、合波領域 3 0 内では、図 2 5 の入力側チャネル導波路 1 0 1 として構成される。

【 0 1 6 6 】

(出力側の端面)

出力側の端面 2 0 には、入力側の伝送チャネル導波路群 T_1, T_2, \dots, T_n から到来する複数の波長 ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) の光信号が合波されて出力される位置に、入力側の伝送チャネル導波路 4 0 と同等の光透過波長帯域を有する出力側の伝送チャネル導波路 5 0 (T 0) が配置されている。

【 0 1 6 7 】

さらに、複数の監視チャネル導波路 7 0 を設けることによって、出力側の監視チャネル導波路対群 (S 0 1 1, S 0 1 2), (S 0 2 1, S 0 2 2), \dots (S 0 n 1, S 0 n 2) を構成している。

【 0 1 6 8 】

この出力側の監視チャネル導波路対群は、入力側の監視チャネル導波路 S I に合波された光信号 (波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) を入力した場合、この合波された光信号が分波されて、それぞれの波長毎に出力される位置に配列されている。

【 0 1 6 9 】

出力側の伝送チャネル導波路 5 0、および、複数の監視チャネル導波路 7 0 は、合波領域 3 0 内では、図 2 5 の出力側チャネル導波路 1 0 5 として構成される。

【 0 1 7 0 】

(光透過波長特性)

ここで、光透過波長特性について説明する。

【0171】

本例では、図10において、入力側の監視チャネル導波路60と出力側の対をなす第1或いは第2の監視チャネル導波路70との間の一对の監視用光透過波長帯域、および、入力側の伝送チャネル導波路40と出力側の伝送チャネル導波路50との間の伝送用光透過波長帯域は、合波領域30内の導波路形状によって決定される。この場合、監視用光透過波長帯域の各々は、例えば、伝送用光透過波長帯域よりも狭く、かつ、相互に略等しい関係にしてもよい。

【0172】

以下、具体的に説明する。

【0173】

出力側の各監視チャネル導波路70において、例えば、その光透過波長帯域は伝送チャネル導波路40、50の光透過波長帯域より小さく、かつ、出力側の各監視チャネル導波路対（例えば（S011, S012））の光透過波長特性は2つの山形を形成し、この2つの光透過波長特性を合成した波長帯域は伝送チャネル導波路40、50の波長帯域と同等とし、かつ、その中心波長は対応する伝送する複数の光信号のそれぞれに対応する基準となる波長と一致させる。

【0174】

まず、図11（a）は、入力側の伝送チャネル導波路群T1, T2, …Tnと、出力側の伝送チャネル導波路T0との間の光透過波長特性を合成して示す。

【0175】

T1, T2, …Tnから入力された波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の近傍の波長の光信号が合波されて出力され、また、波長が $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ から大きく外れると出力が得られないことを表している。

【0176】

図11（b）は、入力側の監視チャネル導波路SIと、出力側の監視チャネル導波路対（S011, S012）との間の光透過波長特性を示す。

【0177】

光信号の波長が基準の値 λ_1 に一致している場合は、両監視チャネル導波路の

光透過波長特性は等しく、光信号は2等分され、両チャンネルに出力され、波長が基準の値 λ_1 から長波長側或いは短波長側へ変化した場合は両監視チャンネル導波路の光透過率が異なるため、いずれかのチャンネルの光出力が増加し、他方のチャンネルの出力が減少することを表している。

【0178】

図11(c)は、入力側、出力側の監視チャンネル導波路間の光透過波長特性を合成して示す。

【0179】

以上のような特性を有する本発明の光合波回路1において、複数の波長の光信号を入力側の伝送チャンネル導波路群 T_1, T_2, \dots, T_n へ入力した場合、出力側の伝送チャンネル導波路 T_0 に合波出力が得られる。

【0180】

その合波出力の一部を取り出し、これを入力側の監視チャンネル導波路 S_I へ入力することにより、出力側の監視チャンネル導波路対群(S_{011}, S_{012}), (S_{021}, S_{022}), \dots (S_{0n1}, S_{0n2})に各波長の信号毎に波長に偏移を示す制御信号を得ることができる。

【0181】

この制御信号に基づいて、後述する図15の各電気光変換回路 L_1, L_2, \dots, L_n を制御し、出力光波長を所定の値へ制御することができる。

【0182】

(入力側／出力側のスラブ導波路構造)

次に、入力側スラブ導波路102、および、出力側スラブ導波路104の端面部の構造を、図12～図14に基づいて説明する。

【0183】

図12は、図10の合波回路1の内部構成を示す。以下、図13および図14に基づいて説明する。

【0184】

図13は、入力側スラブ導波路102の端面部の構造を示す。

【0185】

入力側スラブ導波路102の入力側の端面10（第1端面）において、入力側伝送チャンネル導波路群T1, T2, ..., Tnの各々は、所定の間隔で配置される。

【0186】

また、入力側監視チャンネル導波路60は、出力側スラブ導波路104の出力側の端面20（第4端面）に配置される各対の出力側監視チャンネル導波路70と相対的な位置関係にある。

【0187】

この相対的な位置関係とは、入力側監視チャンネル導波路60が、各対の出力側監視チャンネル導波路70に導かれる分波光を生成する位置に配置される関係にあることをいう。

【0188】

すなわち、合波光（波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ）が入力側監視チャンネル導波路60から出力されると、波長 λ_1 の光信号は、出力側監視チャンネル導波路対（S011, S012）に導かれるが、このとき、波長 $\lambda_1 +$ の光信号は出力側監視チャンネル導波路S011に入力され、波長 $\lambda_1 -$ の光信号は出力側監視チャンネル導波路S012に入力される。

【0189】

図14は、出力側スラブ導波路104の端面部の構造を示す。

【0190】

出力側スラブ導波路104の出力側の端面20（第4端面）において、出力側監視チャンネル導波路対群（（S011, S012）、（S021, S022）、...、（S0n1, S0n2））を構成する各出力側監視チャンネル導波路対は、各対の中央位置が互いに所定の間隔となるように配置されている。

【0191】

例えば、出力側監視チャンネル導波路対（S011, S012）の中央位置（すなわち、分岐の付け根部分P）と、出力側監視チャンネル導波路対（S021, S022）の中央位置（すなわち、分岐の付け根部分Q）との間の間隔は、所定の間隔となるように配置される。

【 0 1 9 2 】

また、図 1 4 においては、例えば、各出力側監視チャンネル導波路対を構成する各出力側監視チャンネル導波路 7 0 の導波路幅は、出力側伝送チャンネル導波路 5 0 (T 0) の導波路幅よりも狭く、略半分に設定してもよい。さらに、各出力側監視チャンネル導波路 7 0 の導波路幅は、出力側伝送チャンネル導波路 5 0 (T 0) の導波路幅よりも狭く設定した場合を示しているが、これは光合波回路の小型化に有効である。

【 0 1 9 3 】

出力側伝送チャンネル導波路 5 0 (T 0) は、入力側スラブ導波路 1 0 2 の入力側の端面 1 0 (第 1 端面) に配置される入力側伝送チャンネル導波路群 T 1 , T 2 , … , T n と相対的な位置関係にある。

【 0 1 9 4 】

この相対的な位置関係とは、出力側伝送チャンネル導波路 5 0 が、入力側伝送チャンネル導波路群 T 1 , T 2 , … , T n から伝送される複数のそれぞれ異なる波長の光信号を合波して合波光 (波長 λ_1 , λ_2 , … , λ_n) を生成する位置に配置される関係にあることをいう。

【 0 1 9 5 】

以上の説明においては、図 1 0 に示すように、入力側監視チャンネル導波路 6 0 が入力側伝送チャンネル導波路 4 0 の間に設定されている場合について説明した。しかし、入力側伝送チャンネル導波路 4 0 と出力側伝送チャンネル導波路 5 0 、および、入力側監視チャンネル導波路 6 0 と出力側監視チャンネル導波路 7 0 の相対的な位置関係を保つことが必要であり、これら 2 組のチャンネル導波路の相互位置関係は変化させることが可能である。すなわち、図 1 0 において、入力側監視チャンネル導波路 6 0 と出力側監視チャンネル導波路 7 0 の相対位置を保ったままの状態で、入力側の監視チャンネル導波路 6 0 が入力側伝送チャンネル導波路 4 0 の間に挟まれない位置 (図 1 0 の下方向) へ設置することも可能である。この状況は、前述した第 1 の例において説明した図 3 と同様である。

【 0 1 9 6 】

(波長制御回路)

次に、波長制御回路300を、図15および図16に基づいて説明する。

【0197】

図15は、波長制御回路300の例である。

【0198】

310は、光分岐回路(C0)であり、出力側の伝送チャネル導波路T0に出力された合波された光信号の一部分、通常10%程度を分岐出力用の光導波路220(C02)へ出力し、大部分の信号を主信号出力用の光導波路C01へ出力する。なお、この光分岐回路310は、前述した第1の例の光分岐回路210(図8参照)と同一構成である。

【0199】

320は、各々対応する出力側の監視チャネル導波路対群(S011, S012), (S021, S022), …(S0n1, S0n2)における各出力側の各対の監視チャネル導波路70間での光信号の差を検出し、その結果を電気信号として、信号線CS01, CS02, …, CS0nに出力する制御信号抽出回路(CS1, CS2, …CSn)である。

【0200】

これら信号線CS01, CS02, …, CS0nは、それぞれ電気光変換回路L1, L2, …Lnの制御端子LC1, LC2, …LCnに接続される。

【0201】

なお、この他に以下の構成を有する。

【0202】

伝送すべきn個の電気信号の入力端子I1, I2, …In、電気光変換回路L1, L2, …Lnは、前述した第1の例の図4と同様である。

【0203】

なお、入力側のT1, T2, …Tn、および、SIと、出力側の(S011, S012), (S021, S022), …(S0n1, S0n2)、および、T0とは、図10に示した光合波回路1である。

【0204】

次に、波長制御回路300の動作について説明する。

【0205】

まず、伝送すべき複数の電気信号は、電気信号入力端子 I_1, I_2, \dots, I_n へ入力され、通常、レーザーダイオードとその制御回路で構成される電気光変換回路において、それぞれ所定の波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号に変換され、その出力端子に接続されている光合波回路 1 の入力側の伝送チャネル導波路 T_1, T_2, \dots, T_n に入力される。これらの光信号は、光合波回路 1 の中を進行し、合波され、出力側の伝送チャネル導波路 T_0 に出力される。

【0206】

この合波された光信号は、光分岐回路 C_0 により、一部分、通常は 10% 程度が分岐出力端子 T_{OS} に出力され、入力側の監視チャネル導波路 S_I へ入力され、再び各波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号に分波されてそれぞれの対応する監視チャネル導波路対群 $(S_{011}, S_{012}), (S_{021}, S_{022}), \dots, (S_{0n1}, S_{0n2})$ へ出力される。

【0207】

図 16 は、出力側の各監視チャネル導波路対の動作の詳細を示す。

【0208】

ここで、出力側の監視チャネル導波路対 (S_{011}, S_{012}) を例にして説明する。

【0209】

図 16 (a) は、入力側の監視チャネル導波路 S_I と、出力側の監視チャネル導波路対 (S_{011}, S_{012}) との間の光透過波長特性を合成して示す。

【0210】

伝送光信号の波長が基準の値の λ_1 に一致している場合は、光信号は 2 分され、 S_{011} と S_{012} とに均等に出力されるが、波長が例えば λ_1' へ変化した場合は、 S_{011} の光透過率は小さく、 S_{012} の光透過率は大きいので光信号は S_{011} に少なく、 S_{012} へ多く出力される。

【0211】

図 16 (b) は、図 16 (a) の表示を、矢印で信号の大きさを示したものである。すなわち、入力側の監視チャネル導波路 S_I と、出力側の対を構成する一

方の監視チャネル導波路 S 0 1 1 との間の光透過波長特性を示す。

【 0 2 1 2 】

図 1 6 (c) は、図 1 6 (a) の表示を、矢印で信号の大きさを示したものである。すなわち、入力側の監視チャネル導波路 S I と、出力側の対を構成する他方の監視チャネル導波路 S 0 1 2 との間の光透過波長特性を示す。

【 0 2 1 3 】

このような信号波長の変化は、両監視チャネル導波路の出力の差となって現れる。これらの光信号の差は制御信号抽出回路 C S 1 , C S 2 , … C S n の差動増幅回路等により、波長が長波長側あるいは短波長側へどの程度偏差を持つかを示す電気信号に変換され、その出力は出力端子 C S 0 1 , C S 0 2 , … C S 0 n から電気光変換回路の制御端子 L C 1 , L C 2 , … L C n に与えられ、電気光変換回路の出力波長を所定の値へ制御する。

【 0 2 1 4 】

このような動作により、出力側伝送チャネル導波路 T 0 の出力は、基準の値に制御され、光分岐回路 C 0 の主信号出力端子 T 0 0 から、外部へ取り出される。

【 0 2 1 5 】

以上の説明において、図 1 6 (a) 中で出力側の監視チャネル導波路対 S 0 1 1 と S 0 1 2 の光透過波長特性を等しいと仮定し、波長が λ_1 に一致している場合、信号は S 0 1 1 と S 0 1 2 に 2 等分されると仮定しているが、これは必ずしも必要な条件ではないことは前述の通りである。

【 0 2 1 6 】

(集積化)

図 1 5 において、合波領域 3 0 と出力側の伝送チャネル導波路 5 0 (T 0) と、光分岐回路 3 1 0 (C 0) とを、一体に集積化して構成してもよい。これにより、前述した第 1 の例と同様な作用効果を有する。

【 0 2 1 7 】

[第 3 の例]

本発明の第 3 の実施の形態を、図 1 7 ~ 図 2 4 に基づいて説明する。なお、前述した各例と同一部分についてはその説明を省略し、同一符号を付す。

【 0 2 1 8 】

(概要)

本発明の概要について説明する。

【 0 2 1 9 】

本例において、合波装置の各部は、後述する図 1 7 および図 2 2 において以下のような構成とする。

【 0 2 2 0 】

抽出手段は、合波領域 3 0 の出力側の端面 2 0 に、例えば、複数の光信号を送送する伝送導波路 4 0 の光透過波長帯域幅より狭い帯域幅をもち、かつ、互いに重なり合う 2 つの山型を形成すると共に、該合成された 2 つの山型の波長帯域の中心波長が伝送する複数の光信号のそれぞれに対応する基準となる波長と略一致するように設定された光透過波長特性をもつ、第 5 の検査用端子部 (5 0) を有する。

【 0 2 2 1 】

さらに、この抽出手段は、第 5 の検査用端子部 (5 0) から出力される波長多重信号の一部を分岐して検査用信号として取り出す分岐部 (4 1 0) を有する。

【 0 2 2 2 】

検査信号再導入手段は、分岐部 (4 1 0) と接続され、第 5 の検査用端子部 (5 0) と同一端面 2 0 側に設けられ、かつ、該第 5 の検査用端子部 (5 0) と同等の帯域幅および光透過波長特性をもつ第 6 の検査用端子部 (4 2 0 , 7 0) を有する。

【 0 2 2 3 】

検査信号検出手段は、入力側の端面 1 0 に設けられ、かつ、該第 5 の検査用端子部 (5 0) と同等の帯域幅および光透過波長特性をもつ第 7 の検査用端子部 (6 0) を有する。

【 0 2 2 4 】

上記構成としたことにより、合波領域 3 0 の出力端子である第 5 の検査用端子部 (5 0) から出力された波長多重光信号は、分岐部 (4 1 0) により分岐され検査用信号として取り出される。この取り出された検査用信号は、一方の第 6 の

検査用端子部（４２０，７０）から合波領域３０内に再度導入され、他方の第７の検査用端子部（６０）から各波長に分波された検査用信号として出力される。この出力された検査用信号に基づいて制御信号を出力する。

【０２２５】

以下、具体例を挙げて説明する。

【０２２６】

（具体例）

次に、本発明に係る光合波装置の具体的な構成を、図１７～図２４に基づいて説明する。

【０２２７】

本発明に係る光合波装置は、上記合波領域３０を含む光合波回路１と、光信号の波長監視・制御機能をもつ波長制御回路４００とに大別される。

【０２２８】

（光合波回路）

まず、光合波回路１を、図１７～図１８に基づいて説明する。

【０２２９】

図１７は、アレイ導波路回折格子型の光合波回路１である。

【０２３０】

（入力側の端面）

入力側の端面１０には、複数の伝送チャネル導波路６０が所定の間隔で配置され、入力側の伝送チャネル導波路群Ｔ１，Ｔ２，…Ｔｎを構成している。

【０２３１】

監視チャネル導波路４０が、各伝送チャネル導波路６０の両側に対をなして配置され、入力側の監視チャネル導波路対群（Ｓ１１，Ｓ１２），（Ｓ２１，Ｓ２２），…（Ｓｎ１，Ｓｎ２）を構成している。

【０２３２】

入力側の伝送チャネル導波路４０、および、監視チャネル導波路６０は、合波領域３０内では、図２５の入力側チャネル導波路１０１として構成される。

【０２３３】

(出力側の端面)

出力側の端面 2 0 には、伝送チャネル導波路 5 0 が 1 組配置され、出力側の伝送チャネル導波路対 (T 0 1, T 0 2) を構成している。

【0 2 3 4】

監視チャネル導波路 7 0 が伝送チャネル導波路 5 0 の両側に配置され、出力側の監視チャネル導波路対 (S 0 1, S 0 2) を構成している。

【0 2 3 5】

出力側の伝送チャネル導波路 5 0、および、監視チャネル導波路 7 0 は、合波領域 3 0 内では、図 2 5 の出力側チャネル導波路 1 0 5 として構成される。

【0 2 3 6】

なお、合波領域 3 0 内の実線は、入力側の伝送チャネル導波路群 T 1, T 2, … T n から入力された複数の波長 ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) の異なる光信号が、出力側の伝送チャネル導波路対 (T 0 1, T 0 2) へ至る経路を概念的に示している。

【0 2 3 7】

(光透過波長特性)

本例では、図 1 7 において、伝送用光透過波長帯域の各々は、相互に略等しい関係にある。また、監視用光透過波長帯域の各々は、伝送用光透過波長帯域と略等しい関係にある。

【0 2 3 8】

以下、具体的に説明する。

【0 2 3 9】

出力側の伝送チャネル導波路対 (T 0 1, T 0 2) は、図 1 8 (a) に示すような、光透過波長特性を持つように設定されている。

【0 2 4 0】

すなわち、出力側の伝送チャネル導波路対 (T 0 1, T 0 2) の各光透過波長特性の帯域幅は、例えば、入力側の伝送チャネル導波路 T 1 の光透過波長特性 (中心波長 λ_1) の帯域幅のおよそ半分とし、これらは相互に重なり合う 2 つの山形を形成し、これらを合成した光透過波長帯域は伝送チャネル導波路 T 1 と同等

とし、かつ、その中心波長は伝送する複数の光信号のそれぞれに対応する基準となる波長と一致している。

【0241】

このように設定された状態では、入力側の伝送チャネル導波路T1へ入力される光信号の波長がその基準波長 λ_1 と一致している場合、合波領域30で合波された光信号は、伝送チャネル導波路対(T01, T02)に2分割されて出力される。

【0242】

また、同様に、入力側の伝送チャネル導波路T2, …Tnからそれぞれ到来する波長 $\lambda_2, \dots, \lambda_n$ の波長の光信号についても、出力側の伝送チャネル導波路対(T01, T02)に分割されて出力される。

【0243】

図17において、このように出力側の伝送チャネル導波路対(T01, T02)に2分割されて出力される様子を、合波領域30内の実線で模式的に示す。

【0244】

これら2分割されて出力される信号対は、後述するように、出力側の伝送チャネル導波路対(T01, T02)に接続された光結合回路440(D3)によって容易に合成することができる。

【0245】

次に、入力側の監視チャネル導波路60と、出力側の監視チャネル導波路70との間の光透過波長特性の関係は、以下のようになる。

【0246】

出力側の監視チャネル導波路対(S01, S02)、および、入力側の監視チャネル導波路対(S11, S12), (S21, S22), …(Sn1, Sn2)のそれぞれの光透過波長特性は、全て出力側の伝送チャネル導波路T01, T02と同等の波長帯域を持つように設定する。

【0247】

この場合、一方の出力側の監視チャネル導波路S01に合波されて2分割され出力側の伝送チャネル導波路T01に出力された光信号を入力した場合、光信号

は合波領域 3 0 において分波されて、それぞれの波長の信号が入力側の監視チャネル導波路 S_{11} , S_{21} , $\dots S_{n1}$ に出力されるように設定する。

【 0 2 4 8 】

図 1 8 (b) は、このように設定した場合における、出力側の監視チャネル導波路対 (S_{01} , S_{02}) のうちの一方の監視チャネル導波路 S_{01} と、入力側の監視チャネル導波路 S_{11} , S_{21} , $\dots S_{n1}$ との間の光透過波長特性の関係を示す。

【 0 2 4 9 】

また、他方の出力側の監視チャネル導波路 S_{02} に合波されて 2 分割され出力側の伝送チャネル導波路 T_{02} に出力された光信号を入力した場合、光信号は合波領域 3 0 において分波されて、それぞれの信号が入力側の監視チャネル導波路 S_{12} , S_{22} , $\dots S_{n2}$ に出力されるように設定する。

【 0 2 5 0 】

図 1 8 (c) は、このように設定した場合における、出力側の監視チャネル導波路対 (S_{01} , S_{02}) のうちの他方の監視チャネル導波路 S_{02} と、入力側の監視チャネル導波路 S_{12} , S_{22} , $\dots S_{n2}$ との間の光透過波長特性の関係を示す。

【 0 2 5 1 】

以上のように設定した場合における総合的な動作は、次のようになる。

【 0 2 5 2 】

まず、波長 λ_1 , λ_2 , \dots , λ_n の複数の光信号は、それぞれ入力側の伝送チャネル導波路 T_1 , T_2 , $\dots T_n$ へ入力される。これらの光信号は、合波領域 3 0 で合波されて、出力側の伝送チャネル導波路対 (T_{01} , T_{02}) へ出力される。

【 0 2 5 3 】

ここで、これら光信号の波長が λ_1 , λ_2 , \dots , λ_n に一致していた場合、出力信号は伝送チャネル導波路対 (T_{01} , T_{02}) に 2 分されて出力される。

【 0 2 5 4 】

なお、2 分とは、図 2 3 (a) に示すように、伝送チャネル導波路 T_{01} の光

透過波長帯域と伝送チャネル導波路 T02 の光透過波長帯域とが波長 λ_1 を中心に重複している領域において、光信号が T01 と T02 とに分岐して出力されることを意味している。すなわち、光信号の波長が λ_1 であった場合、T01 と T02 の光透過率が等しいので、光信号は T01 と T02 とに 2 等分して出力される。ここで、光信号の波長が λ_1' に偏移していた場合は、T01 の光透過率が小さく、T02 の光透過率が大きいので、光信号は T01 に多く出力される。

【0255】

しかし、いずれかの光信号の波長が長波長若しくは短波長側へ偏っていた場合、信号は、出力側の伝送チャネル導波路 T01 又は T02 の一方に多く、他方に少なく出力される。

【0256】

ここで、出力側の伝送チャネル導波路 T01 の出力の一部を出力側の監視チャネル導波路 S01 へ入力すると、合波領域 30 で再度分波されて、入力側の監視チャネル導波路 (S11, S21, … Sn1) に出力される。

【0257】

また、出力側の伝送チャネル導波路 T02 の出力の一部を出力側の監視チャネル導波路 S02 へ入力すると、合波領域 30 で再度分波されて、入力側の監視チャネル導波路 (S12, S22, … Sn2) へ出力される。

【0258】

ここで、入力側の伝送チャネル導波路 T1 についてみると、入力側の監視チャネル導波路対 (S11, S12) の出力を計測すると、光信号の波長が基準の λ_1 から、長波長側若しくは短波長側へどの程度偏移しているかを判定することができる。なお、上記以外の他の伝送チャネル導波路についても同様である。

【0259】

このようにして、複数の光信号の波長が基準の値から偏差を持った場合、対応する監視チャネル導波路へ偏差の存在を知らせる信号を得ることができる。

【0260】

以上のような機能を持つアレイ導波路回折格子型の光合波回路 1 を用いて、複数の光信号を合波すると同時に、各波長の偏差を検出し、波長を所定の値へ制御

を行う波長制御回路 4 0 0 について説明する。

【 0 2 6 1 】

(入力側／出力側のスラブ導波路構造)

次に、入力側スラブ導波路 1 0 2、および、出力側スラブ導波路 1 0 4 の端面部の構造を、図 1 9 ～図 2 1 に基づいて説明する。

【 0 2 6 2 】

図 1 9 は、図 1 7 の合波回路 1 の内部構成を示す。

【 0 2 6 3 】

図 2 0 は、入力側スラブ導波路 1 0 2 の端面部の構造を示す。

【 0 2 6 4 】

入力側スラブ導波路 1 0 2 の入力側の端面 1 0 (第 1 端面) において、入力側伝送チャネル導波路群 T_1, T_2, \dots, T_n の各々は、所定の間隔 (例えば、伝送される光信号の各波長に依存した間隔) で配置される。

また、入力側監視チャネル導波路対群 ($(S_{11}, S_{12}), (S_{21}, S_{22}), \dots, (S_{n1}, S_{n2})$) において、各入力側監視チャネル導波路対は、各対の一方を基準位置において所定の間隔で配置される。

【 0 2 6 5 】

例えば、入力側監視チャネル導波路対 (S_{11}, S_{12}) の一方の入力側監視チャネル導波路 S_{11} を基準位置とすると、入力側監視チャネル導波路 S_{21} 、入力側監視チャネル導波路 S_{31} 、 \dots 、入力側監視チャネル導波路 S_{n1} が、互いに所定の間隔で配置される。

【 0 2 6 6 】

また、他方の入力側監視チャネル導波路 S_{12} も基準位置とされるため、入力側監視チャネル導波路 S_{22} 、入力側監視チャネル導波路 S_{32} 、 \dots 、入力側監視チャネル導波路 S_{n2} が互いに所定の間隔で配置される。

【 0 2 6 7 】

また、各入力側監視チャネル導波路対を構成する各入力側監視チャネル導波路 6 0 の導波路幅、および、各出力側監視チャネル導波路を構成する各出力側監視チャネル導波路 7 0 の導波路幅、および、出力側伝送チャネル導波路を構成する

各出力側伝送チャネル導波路 5 0 の導波路幅は、入力側伝送チャネル導波路 4 0 の導波路幅よりも狭く、略半分に設定してもよい。さらに、例えば、略半分に設定することにより、光合波回路の小型化に有効である。

【 0 2 6 8 】

図 2 1 は、出力側スラブ導波路 1 0 4 の端面部の構造を示す。

【 0 2 6 9 】

出力側スラブ導波路 1 0 4 の出力側の端面 2 0 (第 4 端面)において、一对の出力側伝送チャネル導波路 5 0 は、入力側スラブ導波路 1 0 2 の入力側の端面 1 0 (第 1 端面)に配置される入力側伝送チャネル導波路群 T_1, T_2, \dots, T_n と相対的な位置関係にある。

【 0 2 7 0 】

この相対的な位置関係とは、一对の出力側伝送チャネル導波路 5 0 が、入力側伝送チャネル導波路群 T_1, T_2, \dots, T_n から伝送される複数の光信号を合波して合波光 (波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) を生成する位置に配置される関係にあることをいう。

【 0 2 7 1 】

また、一对の出力側監視チャネル導波路 7 0 は、入力側スラブ導波路 1 0 2 の入力側の端面 1 0 (第 1 端面)に配置される各対の入力側監視チャネル導波路 6 0 と相対的な位置関係にある。

【 0 2 7 2 】

この相対的な位置関係とは、一对の出力側監視チャネル導波路 7 0 が、各対の入力側監視チャネル導波路 6 0 に導かれる分波光を生成する位置に配置される関係にあることをいう。

【 0 2 7 3 】

すなわち、合波光 (波長 $\lambda_1 +, \lambda_2 +, \dots, \lambda_n +$) が一方の出力側監視チャネル導波路 S_{01} から入力されると、波長 $\lambda_1 +$ の光信号は、入力側監視チャネル導波路対 (S_{11}, S_{12}) の一方の入力側監視チャネル導波路 S_{11} に導かれ出力される。

【 0 2 7 4 】

合波光（波長 λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_n ）が他方の出力側監視チャネル導波路 S 0 2 から入力されると、波長 λ_1 の光信号は、入力側監視チャネル導波路対（S 1 1, S 1 2）の他方の入力側監視チャネル導波路 S 1 2 に導かれ出力される。

【 0 2 7 5 】

以上の説明においては、図 1 7 に示すように、入力側監視チャネル導波路 6 0 が入力側伝送チャネル導波路 4 0 の間に設定されている場合について説明した。しかし、入力側伝送チャネル導波路 4 0 と出力側伝送チャネル導波路 5 0、入力側監視チャネル導波路 6 0 の一方（S 1 1, S 2 1, \dots , S n 1）と出力側伝送チャネル導波路 7 0 の一方 S 0 1、および、入力側監視チャネル導波路 6 0 の他方（S 1 2, S 2 2, \dots , S n 2）と出力側伝送チャネル導波路 7 0 の他方 S 0 2 のそれぞれの組み合わせの中の相対的な位置関係を保つことが必要であり、これら 3 組のチャネル導波路の相互位置関係は変化させることが可能である。

【 0 2 7 6 】

すなわち、図 1 7 において、入力側監視チャネル導波路 6 0 と出力側監視チャネル導波路 7 0 の相対位置を保ったままの状態、入力側監視チャネル導波路 6 0 が入力側伝送チャネル導波路 4 0 の間に挟まれない位置（図 1 7 の下方向）へ設置することも可能である。この状況は、前述した第 1 の例において説明した図 3 と同様である。

【 0 2 7 7 】

（波長制御回路）

次に、波長制御回路 4 0 0 を、図 2 2 および図 2 4 に基づいて説明する。

【 0 2 7 8 】

図 2 2 は、アレイ光導波路回折格子型の光合波回路 1 を用いた波長制御回路 4 0 0 の構成例である。

【 0 2 7 9 】

4 1 0 は、光分岐回路（D 1, D 2）であり、これらはそれぞれ、前述した第 1 の例の光分岐回路 2 1 0（図 8 参照）と同一機能を有する。これら光分岐回路 D 1, D 2 は、出力側の伝送チャネル導波路 T 0 1, T 0 2 とそれぞれ接続され

ている。

【 0 2 8 0 】

4 2 0 は、光分岐回路 D 1、D 2 のそれぞれの一方と、出力側の監視チャネル導波路 S 0 1、S 0 2 とを接続する光導波路 B 1、B 2 である。すなわち、光導波路 B 1 は、光分岐回路 D 1 と監視チャネル導波路 S 0 1 とを接続する。光導波路 B 2 は、光分岐回路 D 2 と監視チャネル導波路 S 0 2 とを接続する。

【 0 2 8 1 】

4 3 0 は、光分岐回路 D 1、D 2 のそれぞれの他方と、合成回路 D 3 とを接続する光導波路 T 0 3、T 0 4 である。

【 0 2 8 2 】

4 4 0 は、分岐された 2 つの光信号を結合して主信号を生成する合成回路 D 3（光結合回路）である。この合成回路 D 3 は、光導波路 T 0 3、T 0 4 からのそれぞれの光信号を合成して、光導波路 T 0 から外部へ出力する。

【 0 2 8 3 】

なお、この合成回路 D 3 は、光分岐回路 D 1 又は D 2 の入出力を逆に使用することによって、分岐された 2 つの光信号を合成することができる。

【 0 2 8 4 】

光分岐回路 D 1、D 2 は、それぞれ、出力側の伝送チャネル導波路 T 0 1、T 0 2 から入力される合波光信号の一部分、通常は 1 0 % 程度を分岐して分岐出力端子 B 1、B 2 へ出力する。また、残りの大部分の信号、通常 9 0 % 程度の光信号は、光導波路 T 0 3、T 0 4 へ出力される。

【 0 2 8 5 】

なお、この他に以下の構成を有する。

【 0 2 8 6 】

入力側の伝送チャネル導波路 T 1、T 2、… T n、入力側の監視チャネル導波路 (S 1 1、S 1 2)、(S 2 1、S 2 2)、…、(S n 1、S n 2)、出力側の伝送チャネル導波路 T 0 1、T 0 2、出力側の監視チャネル導波路 (S 0 1、S 0 2) 等は、図 1 7 に示す光合波回路 1 と同様である。

【 0 2 8 7 】

伝送すべき n 個の電気信号の入力端子 I_1, I_2, \dots, I_n 、電気光変換回路 L_1, L_2, \dots, L_n の波長を所定の値に制御するための制御信号抽出回路 C_1, C_2, \dots, C_n は、前述した第 1 の例の図 7 と同様である。

【 0 2 8 8 】

次に、波長制御回路 4 0 0 の機能を、電気信号の入力端子 I_1 の系を例として説明する。

【 0 2 8 9 】

入力端子 I_1 に入力された電気信号は、電気光変換回路 L_1 により波長 λ_1 の光信号に変換される。この光信号は、入力側の伝送チャネル導波路 T_1 を通じてアレイ導波路回折格子型の光合波回路 1 に入り、他の波長の光信号と合波されて出力側の伝送チャネル導波路 T_{01}, T_{02} へ出力される。

【 0 2 9 0 】

図 2 3 (a) は、入力側の伝送チャネル導波路 T_1 と、出力側の伝送チャネル導波路 T_{01}, T_{02} との間の光透過波長特性を示す。

【 0 2 9 1 】

ここで、光信号が所定の波長 λ_1 に合っている場合、出力側の伝送チャネル導波路 T_{01}, T_{02} の光透過波長特性は等しく、光信号は 2 等分されて、出力側の伝送チャネル導波路 T_{01}, T_{02} に同じ大きさで出力される。

【 0 2 9 2 】

しかし、図 2 3 (a) に示すように、波長が λ_1' へ変化した場合は、一方の出力側の伝送チャネル導波路 T_{01} の光透過率は小さく、他方の出力側の伝送チャネル導波路 T_{02} の光透過率は大きいので、出力側の伝送チャネル導波路 T_{01} の出力は小さく、出力側の伝送チャネル導波路 T_{02} の出力は大きくなる。

【 0 2 9 3 】

この光透過率の変化の様子は、図 2 3 (b), (c) に矢印で示す場合と等価である。

【 0 2 9 4 】

すなわち、図 2 3 (b) では、出力側の監視チャネル導波路 S_{01} と、入力側の監視チャネル導波路 S_{11} との間での光透過率の変化を示す。この場合、監視

チャンネル導波路S01には、出力側の伝送チャンネル導波路T01の出力状態が反映される。

【0295】

図23(c)では、出力側の監視チャンネル導波路S02と、入力側の監視チャンネル導波路S12との間での光透過率の変化を示す。この場合、監視チャンネル導波路S02には、出力側の伝送チャンネル導波路T02の出力状態が反映される。

【0296】

そして、このように出力側の伝送チャンネル導波路T01, T02の各信号の一部分は、光分岐回路D1, D2と接続された光導波路B1, B2を介して、出力側の監視チャンネル導波路S01, S02へ入力され、再び合波領域30で分波されて、入力側の監視チャンネル導波路S11, S12へ向けてそれぞれ出力される。

【0297】

このようにして入力側の監視チャンネル導波路S11, S12へ出力される信号は、波長が所定の値に合っている場合は互いに等しく、波長が偏差を持った場合はいずれかが大きく、他方が小さくなる。

【0298】

この出力された信号の変化は、入力側の監視チャンネル導波路S11, S12に接続されている制御信号抽出回路C1へ入力される。制御信号抽出回路C1は、制御信号を信号線235を介して電気光変換回路L1に出力し、これにより光信号の波長を所定の値に制御する。

【0299】

一方、図22に示す合成回路D3としては、図8に示す分岐回路の入出力を逆に使用して実現することができる。すなわち、光導波路T03から送られてきた光信号はC01へ入力され、他方の光導波路T04から送られてきた光信号はC02へ入力されると、光導波路T0において2つの光信号が合成される。これにより、光導波路T0から外部へ波長多重された波長多重光信号($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$)が出力される。

【0300】

また、D3としては、図24に示す合波回路も使用することができる。ここで、光導波路T03から送られてきた光信号はフィルタ411を通過し、他方の光導波路T04から送られてきた光信号はフィルタ411により反射されるようにフィルタの特性を選択して構成することにより、T0において2つの光信号が結合される。

【0301】

なお、ここでは電気信号の入力端子I1の系について説明したが、他の系についても、図23(b), (c)に示す λ_1 をそれぞれ $\lambda_2, \dots, \lambda_n$ と置き換えることによって同様に考えることができる。

【0302】

(集積化)

図22において、合波領域30と、出力側の伝送チャネル導波路50と、出力側の監視チャネル導波路70と、光分岐回路410と、光分岐回路410の一方と監視チャネル導波路70とを接続する光導波路420と、光結合回路440と、分岐回路410と光結合回路440とを接続する光導波路430とを一体に集積化して構成してもよい。これにより、第1の例と同様な作用効果を有する。

【0303】

以上、本発明について、原理とその効果を発揮する回路構成、および、その動作について述べたが、これらの例は、いずれも複数の波長の異なる光信号を合波すると同時に、波長変化を検出し、これを制御するために非常に有効な手段を提供するものである。

【0304】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、合波領域から出力される波長多重光信号の一部を検査用信号として抽出し、該抽出した検査用信号を合波領域内に再度導き、該再度入力された前記検査用信号を該再入力された端面とは反対側に位置する端面で検出し、該検出した検査用信号の状態を判別し、さらに、必要に応じて、該判別結果に基づいて合波領域に入力される前記複数の光信号の動作制御を行うための制御信号を出力するようにしたので、波長多重光信号の一部を合波領

域内に 2 度通過させて入力用の光信号の動作状態を検査することができ、これにより、光信号の波長監視を行うための複雑な機能を別個に付加する必要がなくなり、簡単な回路構成で、光波長の高精度な制御を行うことができる。

【 0 3 0 5 】

また、本発明によれば、合波領域と抽出手段を、又は、合波領域と抽出手段と検査信号再導入手段とを、一体に集積化して構成したので、より一段と小型な装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態である、光合波回路の構成を示すブロック図である。

【図 2】

波長－光透過率との関係を表す光透過特性を示す特性図である。

【図 3】

図 1 の光合波回路の変形例を示すブロック図である。

【図 4】

合波回路の内部構成を示すブロック図である。

【図 5】

入力側スラブ導波路の端面部の構造を拡大して示す構成図である。

【図 6】

出力側スラブ導波路の端面部の構造を拡大して示す構成図である。

【図 7】

波長制御回路の構成を示すブロック図である。

【図 8】

光分岐回路の構成を示すブロック図である。

【図 9】

波長－光透過率との関係を表す光透過特性を示す特性図である。

【図 1 0】

本発明の第 2 の実施の形態である、光合波回路の構成を示すブロック図である。

【図 1 1】

波長－光透過率との関係を表す光透過特性を示す特性図である。

【図 1 2】

合波回路の内部構成を示すブロック図である。

【図 1 3】

入力側スラブ導波路の端面部の構造を拡大して示す構成図である。

【図 1 4】

出力側スラブ導波路の端面部の構造を拡大して示す構成図である。

【図 1 5】

波長制御回路の構成を示すブロック図である。

【図 1 6】

波長－光透過率との関係を表す光透過特性を示す特性図である。

【図 1 7】

本発明の第 3 の実施の形態である、光合波回路の構成を示すブロック図である。

【図 1 8】

波長－光透過率との関係を表す光透過特性を示す特性図である。

【図 1 9】

合波回路の内部構成を示すブロック図である。

【図 2 0】

入力側スラブ導波路の端面部の構造を拡大して示す構成図である。

【図 2 1】

出力側スラブ導波路の端面部の構造を拡大して示す構成図である。

【図 2 2】

波長制御回路の構成を示すブロック図である。

【図 2 3】

波長－光透過率との関係を表す光透過特性を示す特性図である。

【図 2 4】

合成回路の構成を示すブロック図である。

【図 2 5】

従来の光合波回路の構成を示す説明図である。

【図 2 6】

従来の光合波回路における入出力チャネル導波路を模式的に示すブロック図である。

【図 2 7】

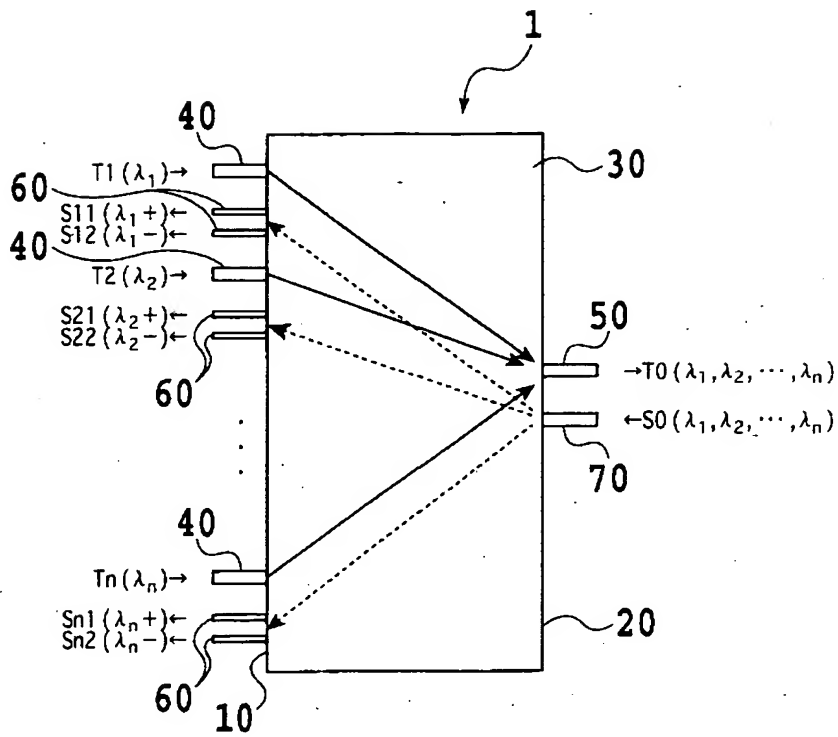
従来の波長－光透過率との関係を表す光透過特性を示す特性図である。

【符号の説明】

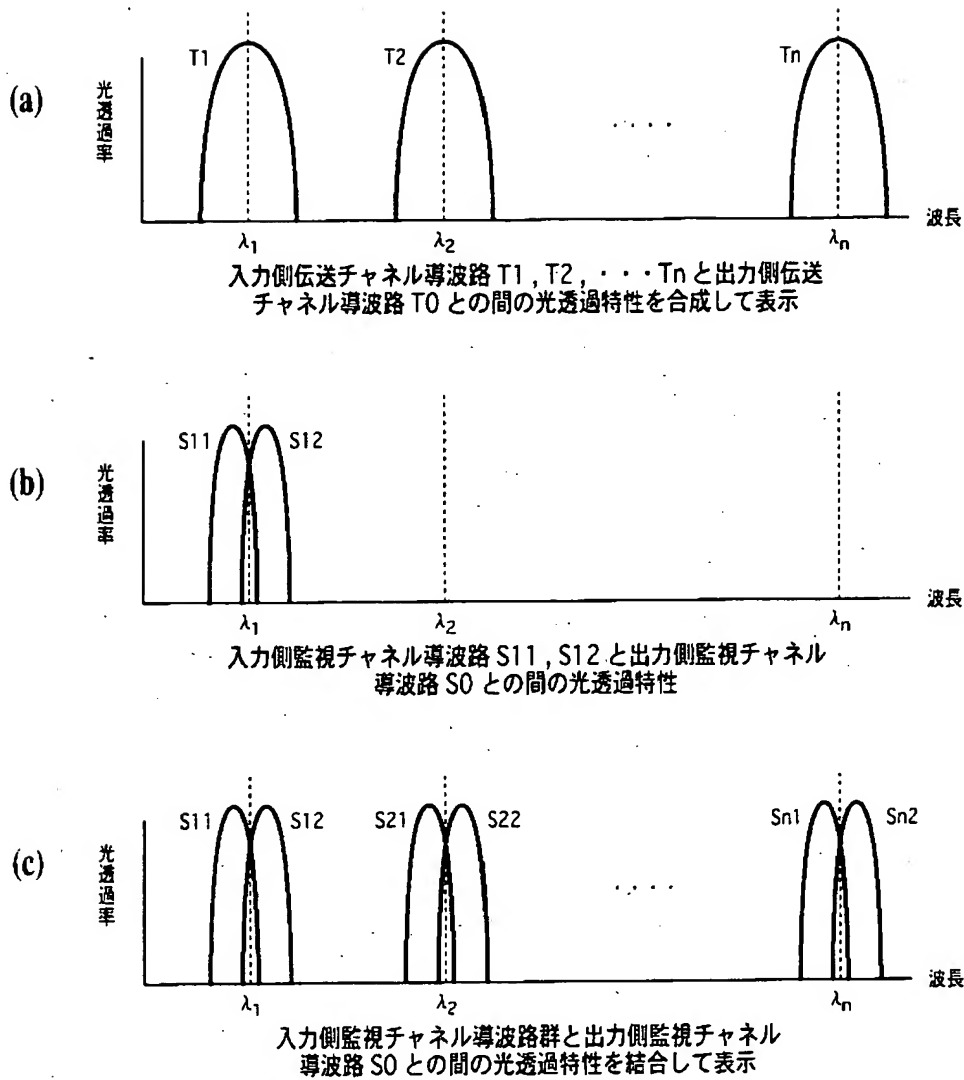
- 1 光合波回路
- 1 0 入力側の端面
- 2 0 出力側の端面
- 3 0 合波領域
- 4 0 入力側の伝送チャネル導波路
- 5 0 出力側の伝送チャネル導波路
- 6 0 入力側の監視チャネル導波路
- 7 0 出力側の伝送チャネル導波路
- 2 0 0 波長制御回路
- 2 1 0 光分岐回路 (C 0)
- 2 1 5 光導波路 (C 0 1)
- 2 2 0 光導波路 (C 0 2)
- 3 0 0 波長制御回路
- 3 1 0 光分岐回路 (C 0)
- 3 2 0 制御信号抽出回路
- 4 0 0 波長制御回路
- 4 1 0 光分岐回路 (D 1, D 2)
- 4 2 0 光導波路 (B 1, B 2)
- 4 3 0 光導波路 (T 0 3, T 0 4)
- 4 4 0 合成回路 (D 3)

【書類名】 図面

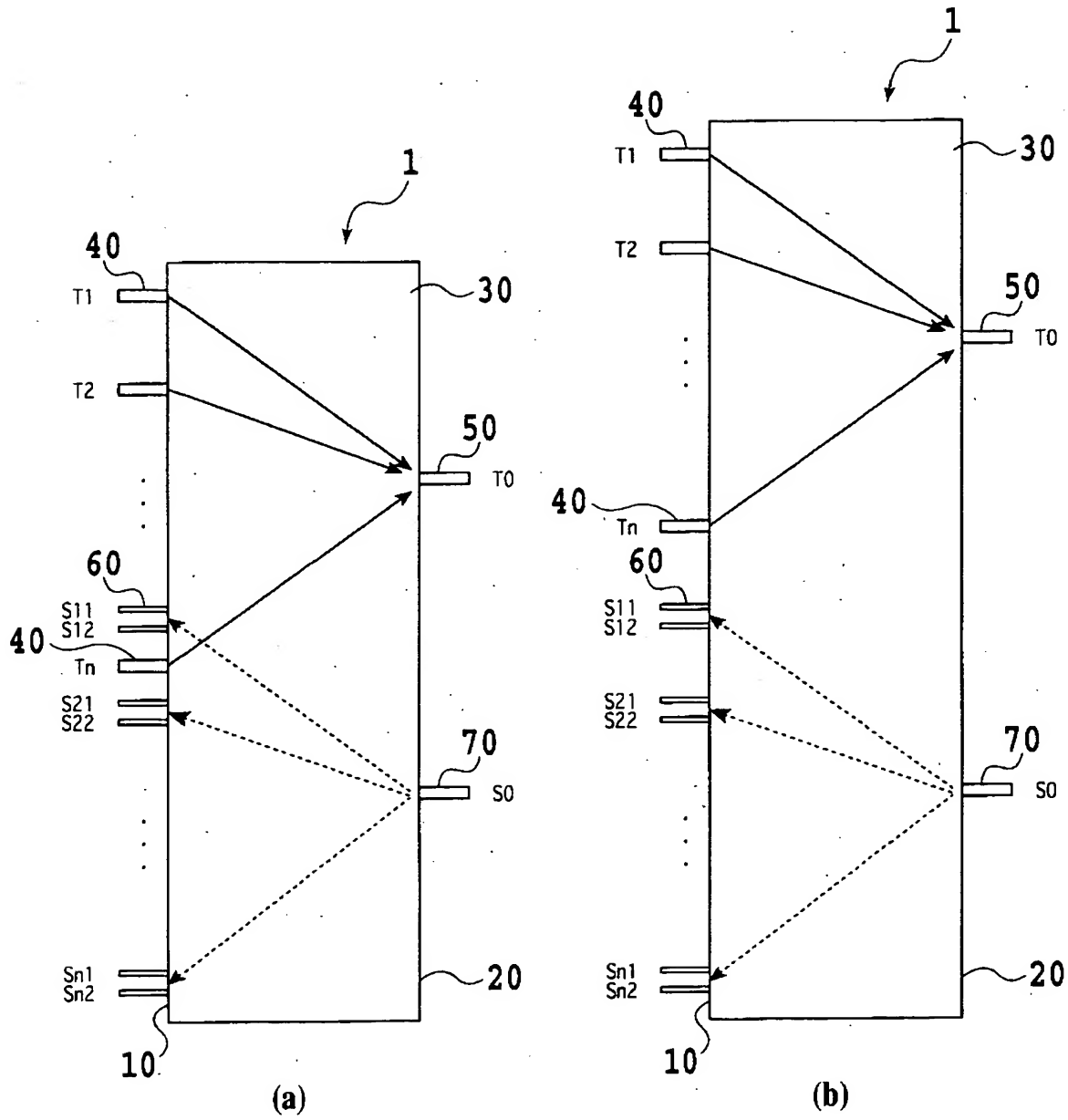
【図 1】



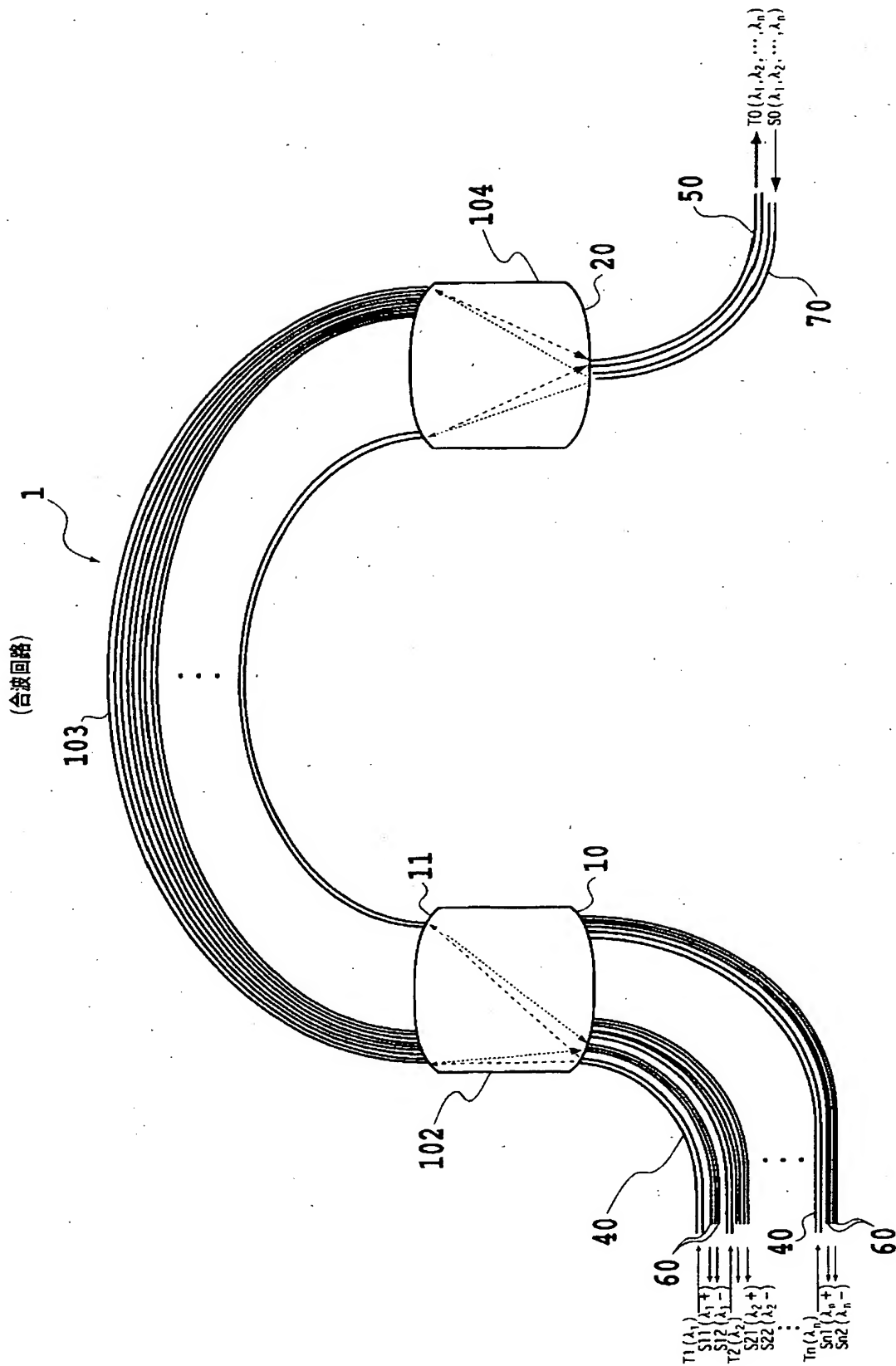
【図 2】



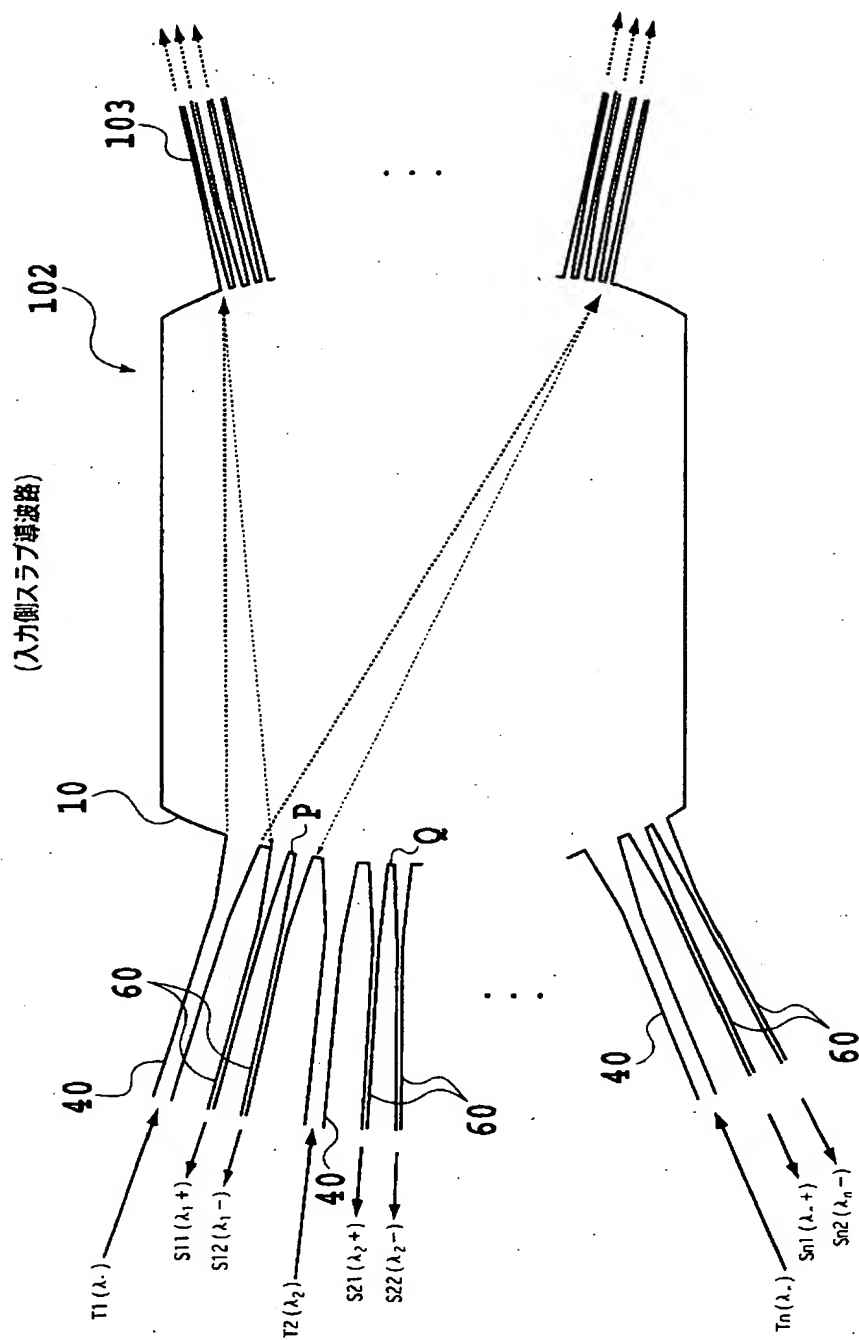
【図 3】



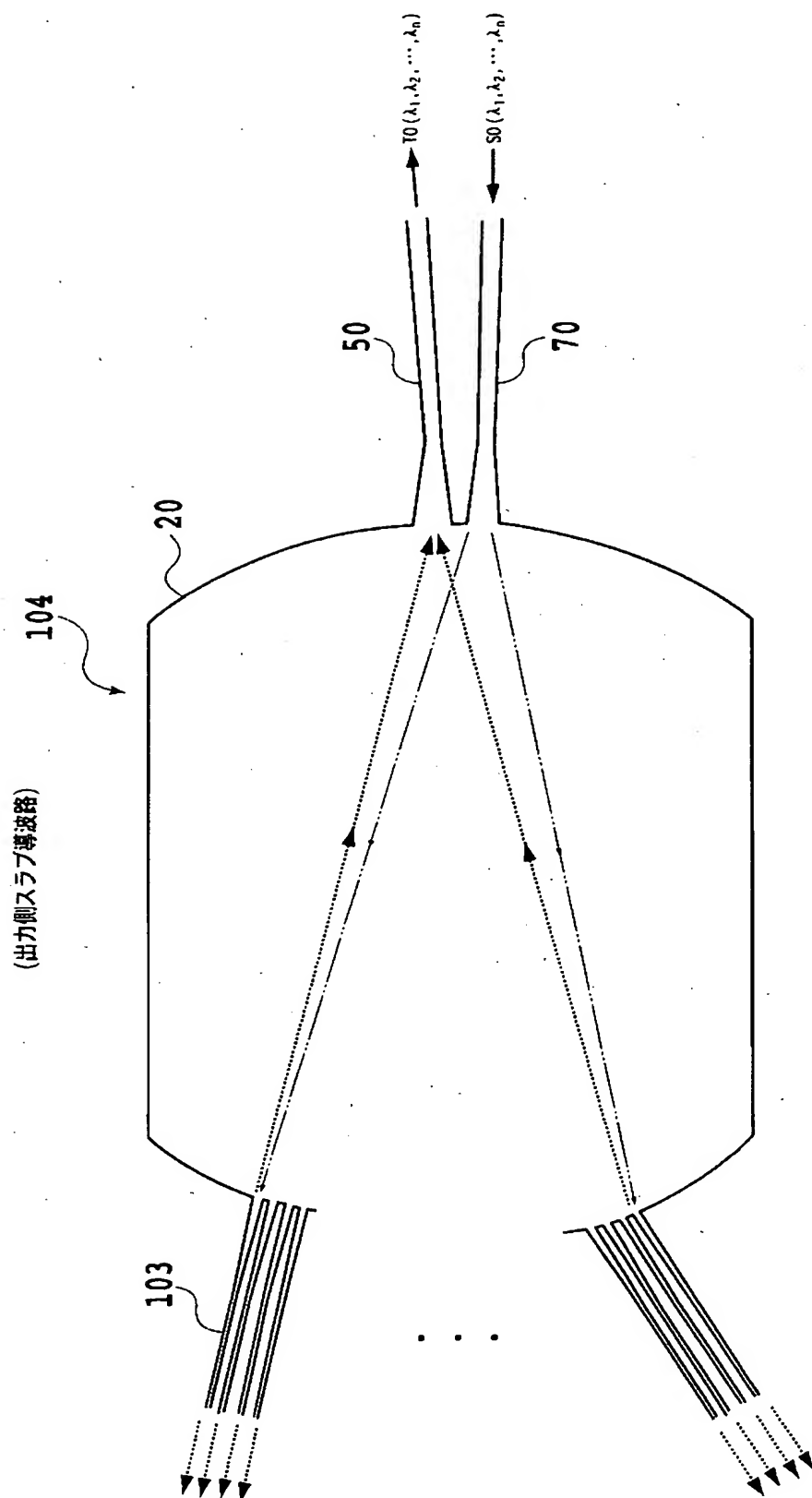
【図 4】



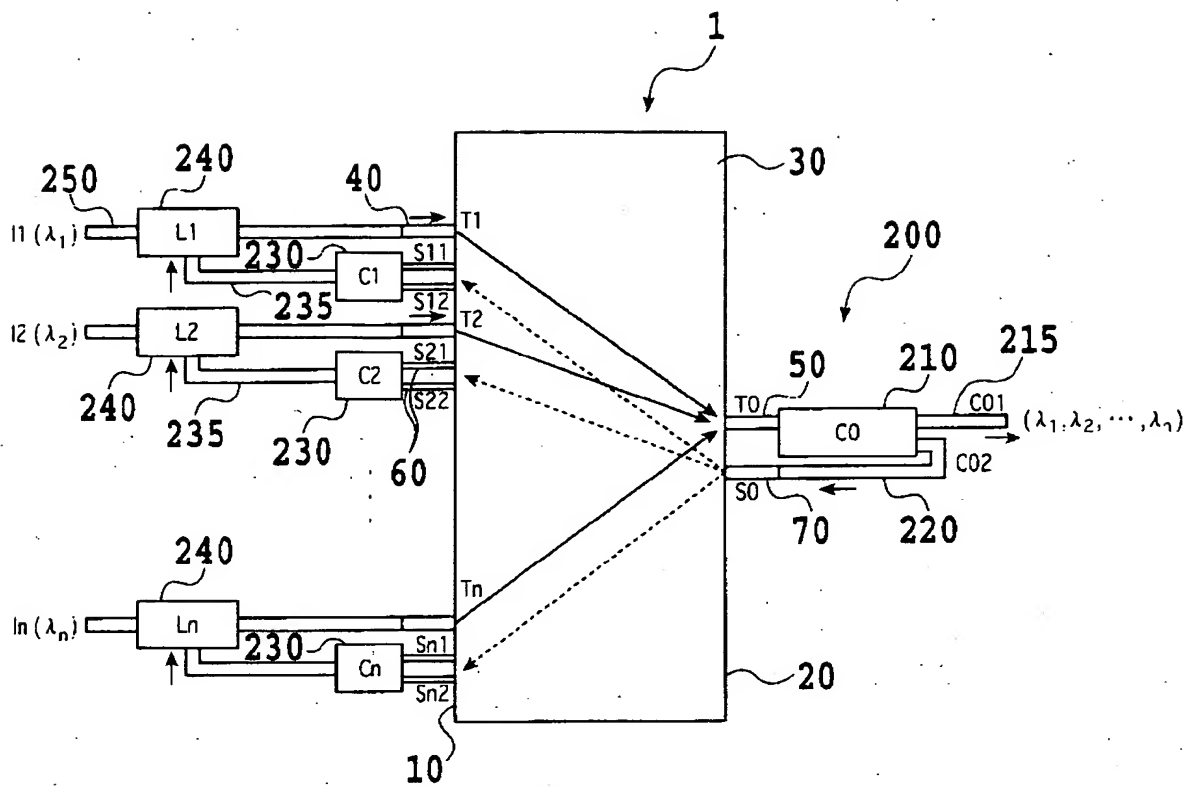
【図 5】



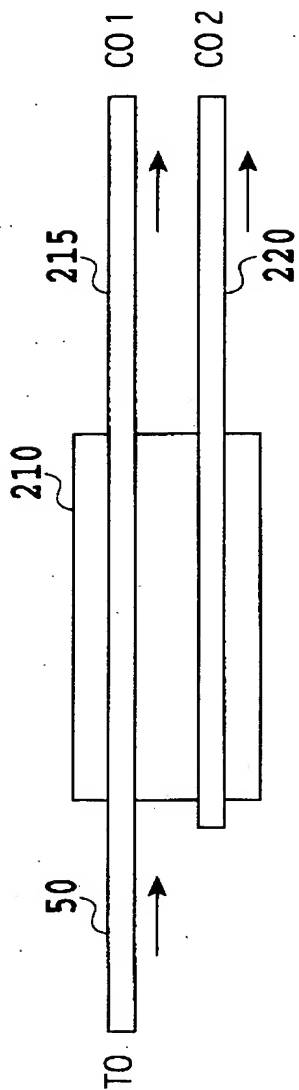
【図6】



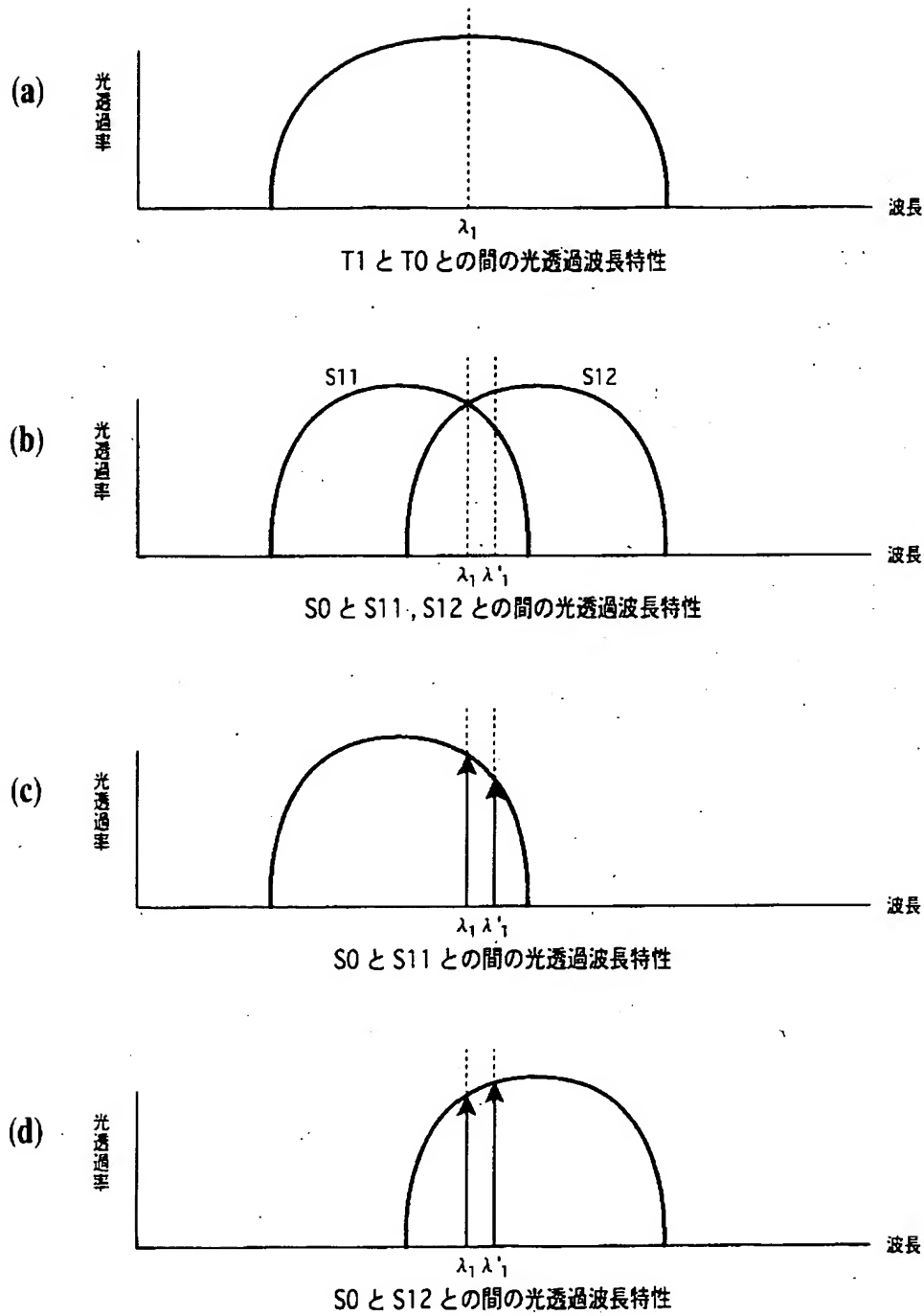
【図 7】



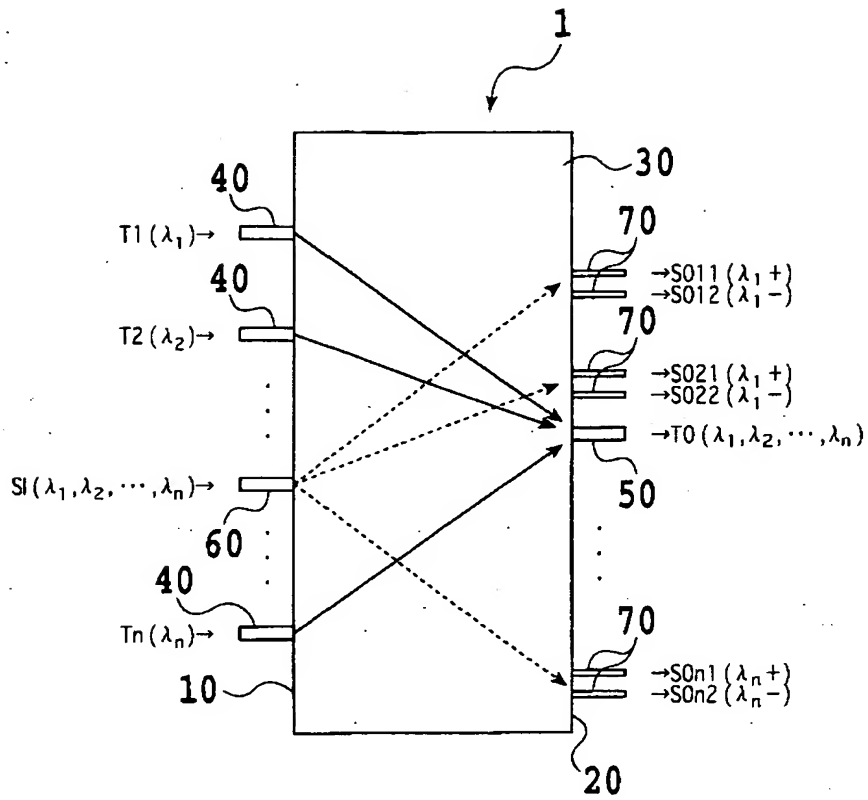
【図 8】



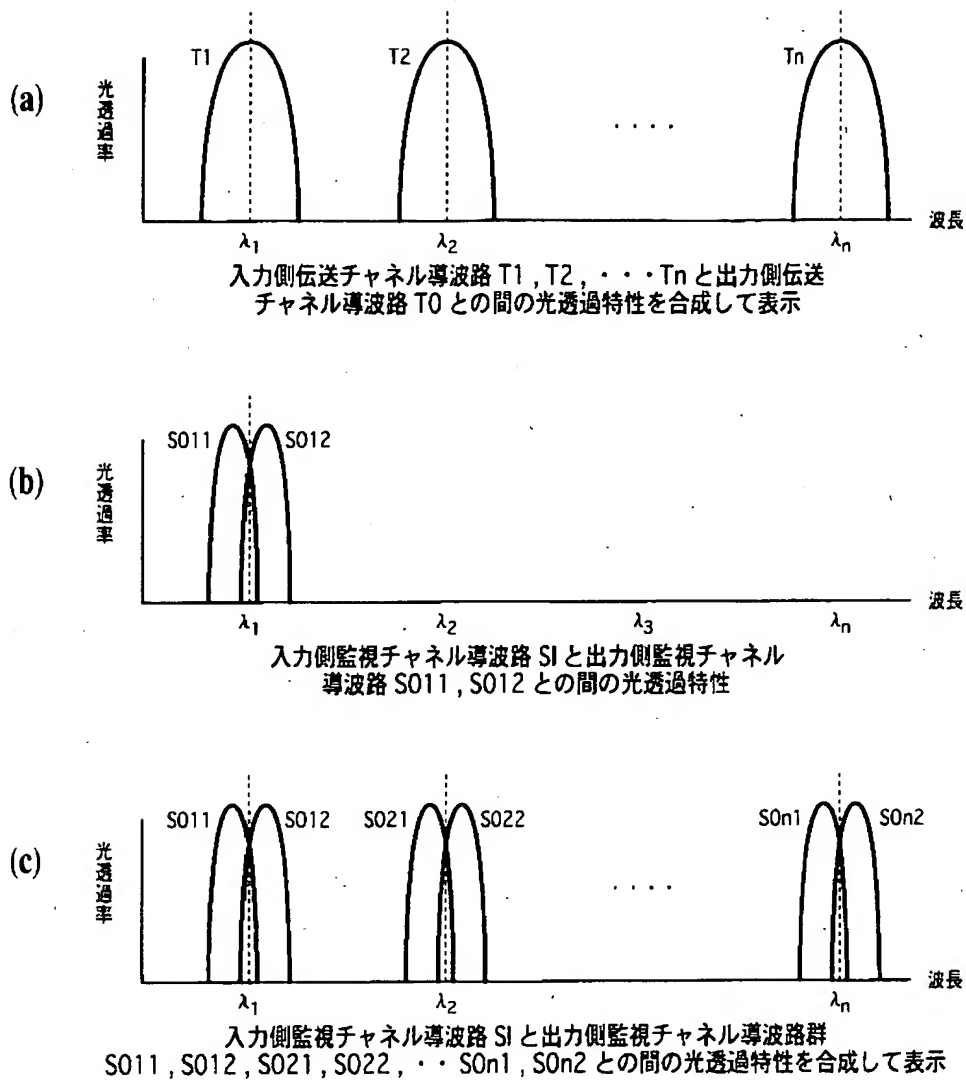
【図 9】



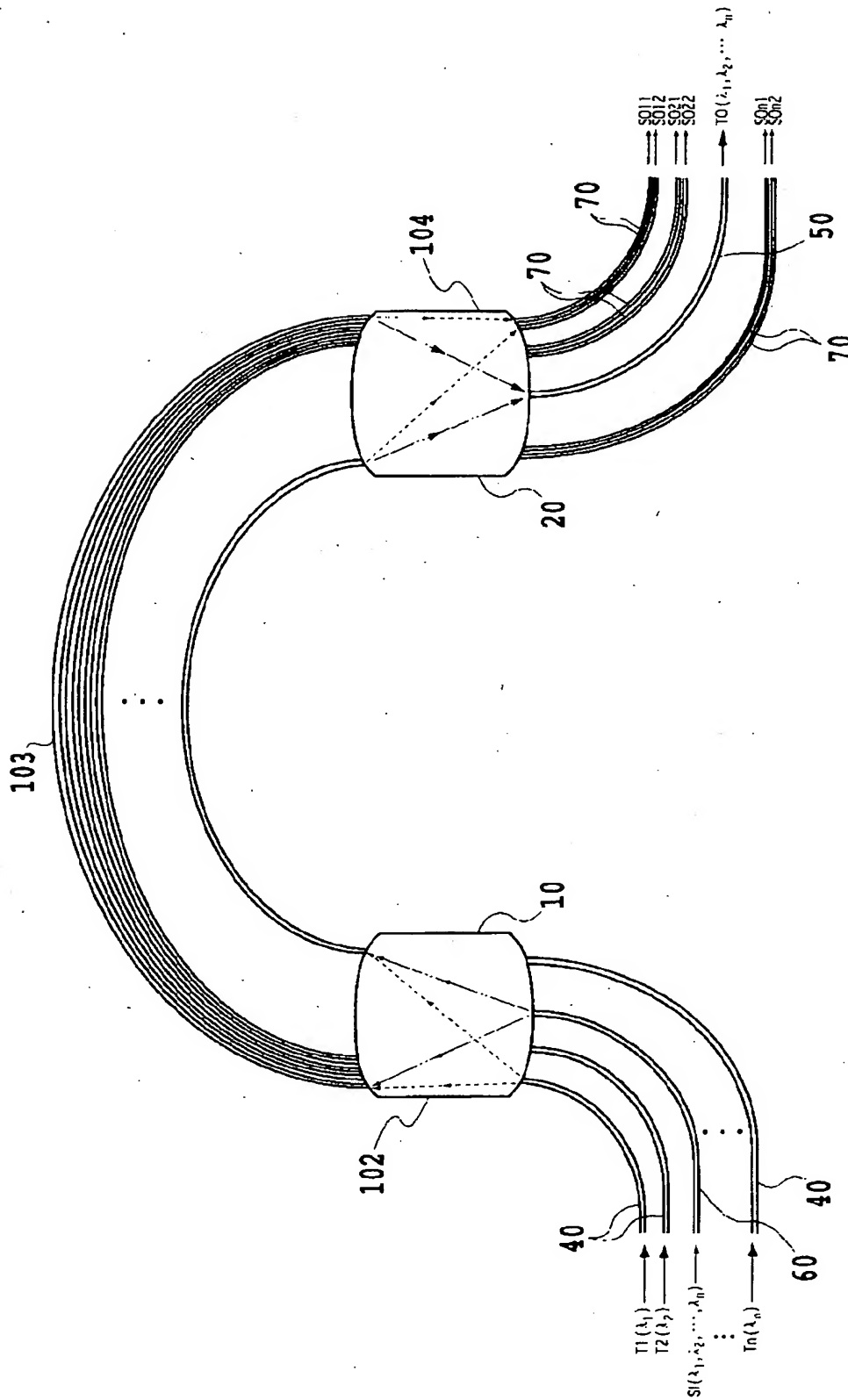
【図 10】



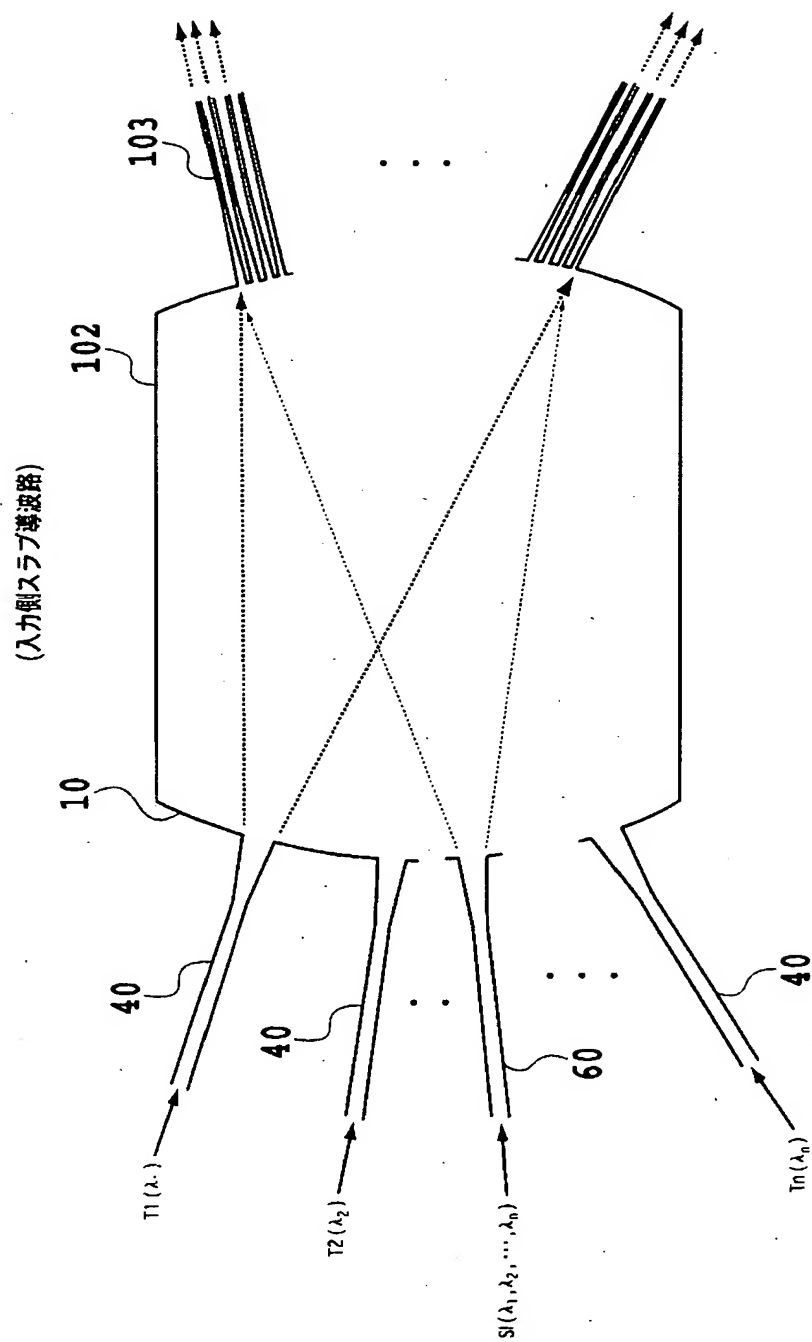
【図 1 1】



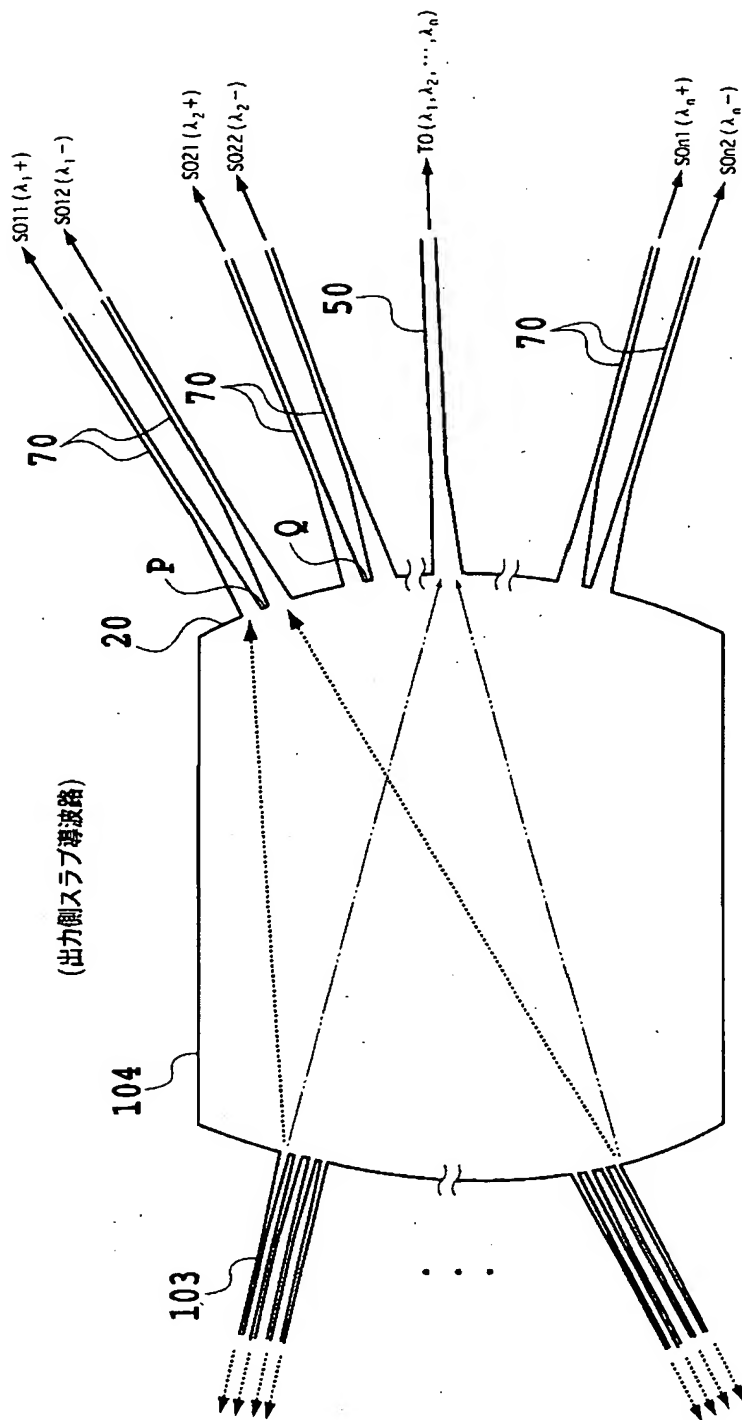
【図 12】



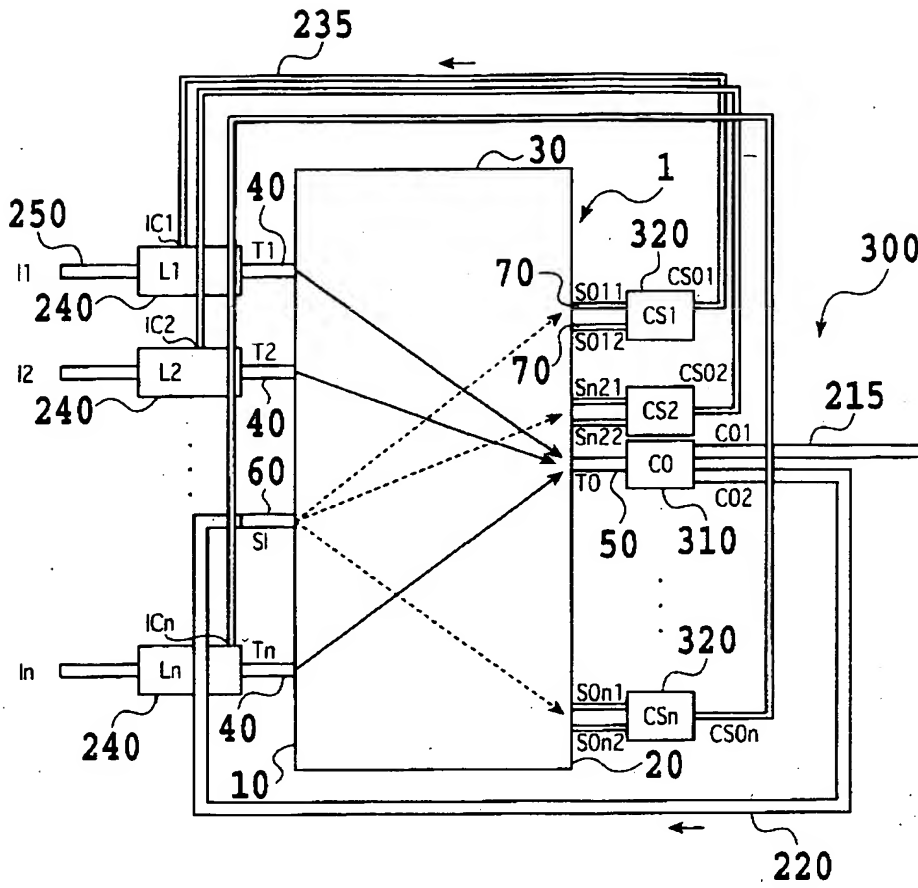
【図 13】



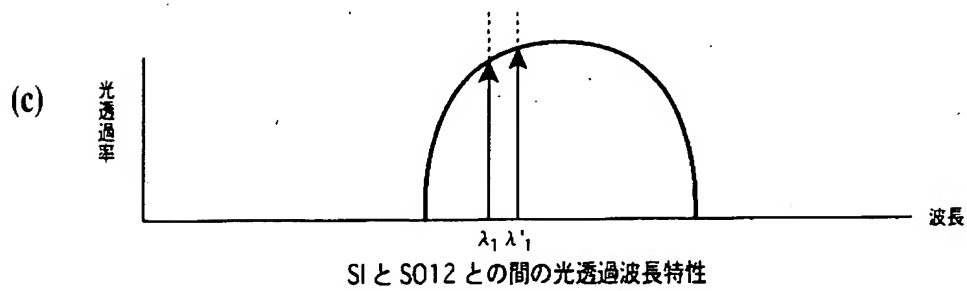
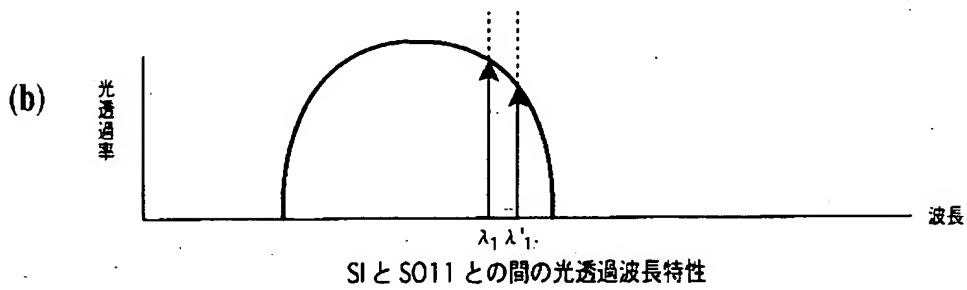
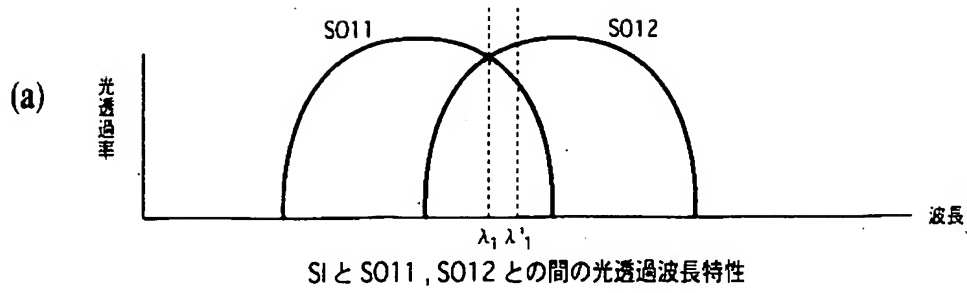
【図14】



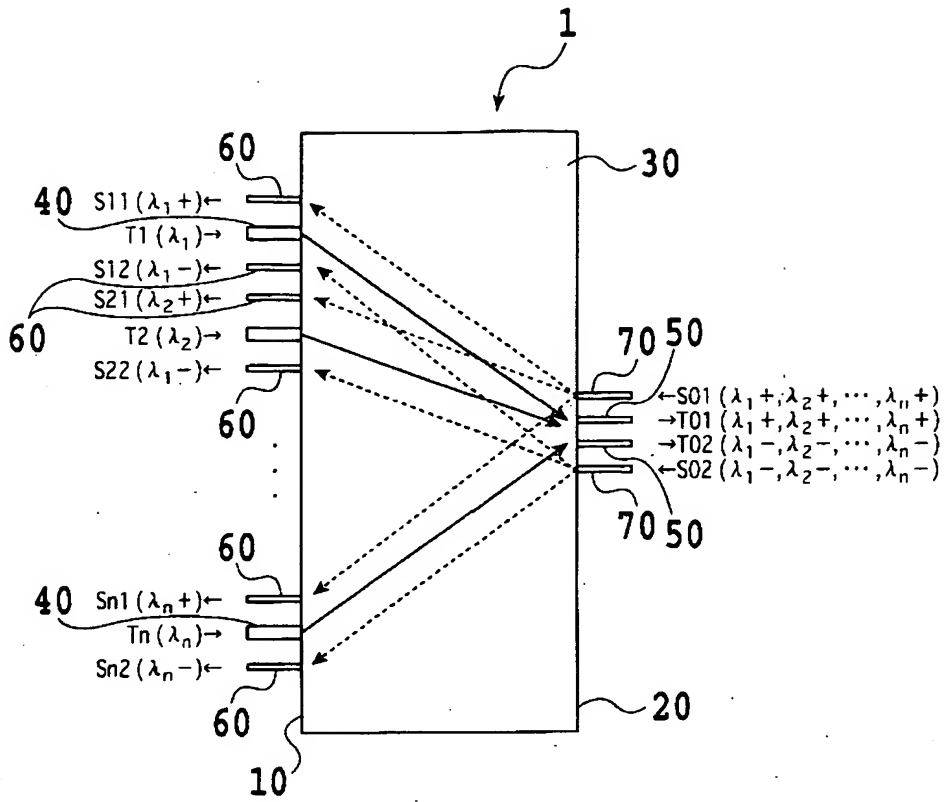
【図 15】



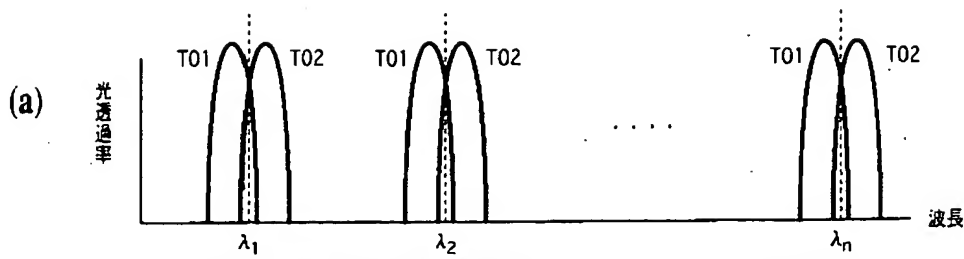
【図 1 6】



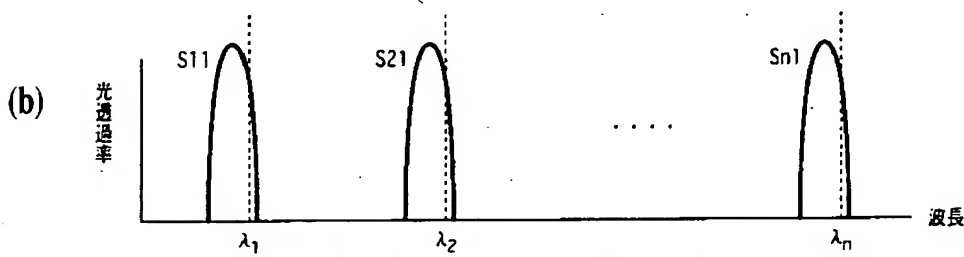
【図 1 7】



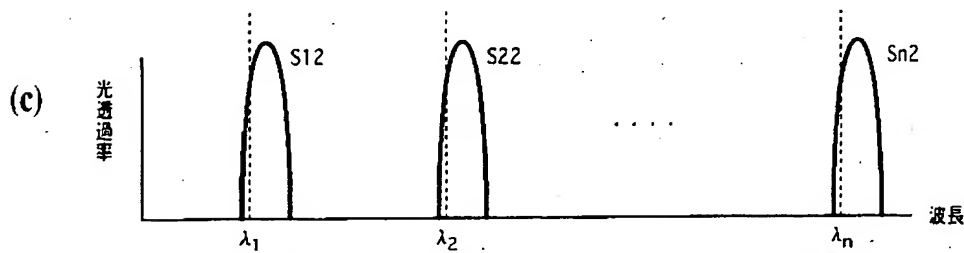
【図 1 8】



(b) 入力側伝送チャネル導波路 $T1, T2, \dots, Tn$ と出力側伝送チャネル導波路 $T011, T012$ との間の光透過特性を合成表示

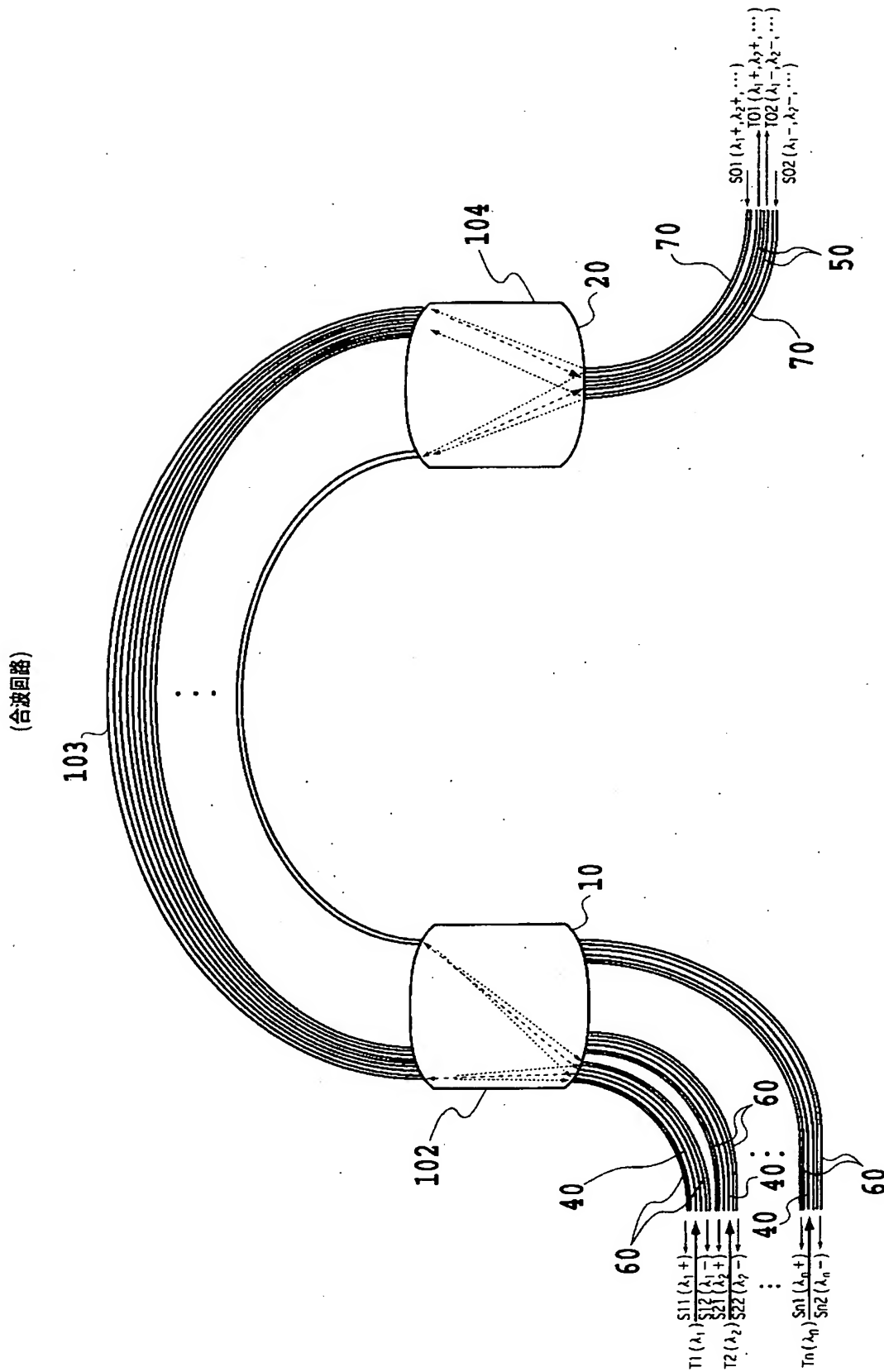


(c) 入力側監視チャネル導波路 $S11, S21, \dots, Sn1$ と出力側監視チャネル導波路 $S01$ との間の光透過特性を合成表示

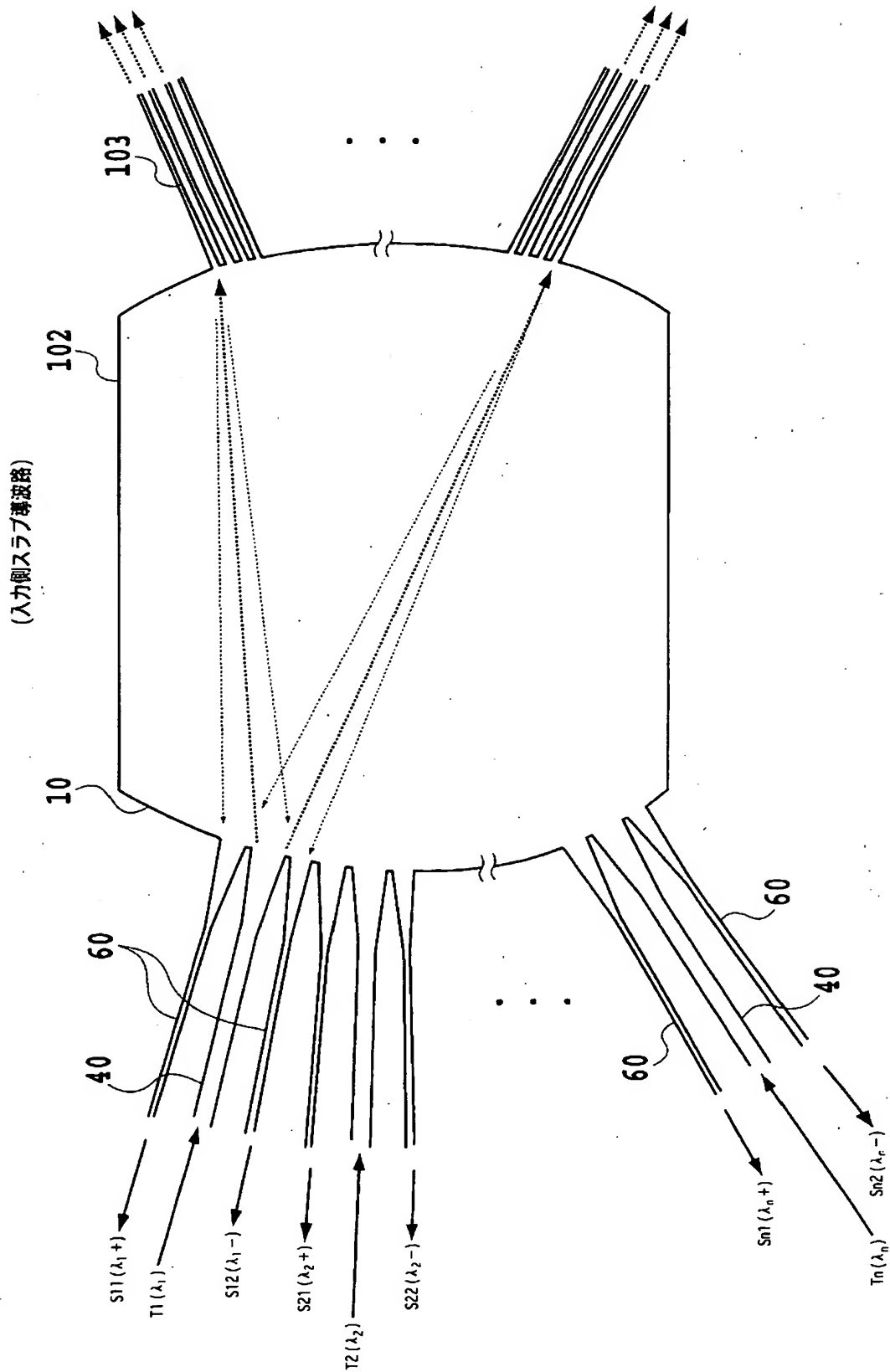


(d) 入力側監視チャネル導波路 $S12, S22, \dots, Sn2$ と出力側監視チャネル導波路 $S02$ との間の光透過特性を合成表示

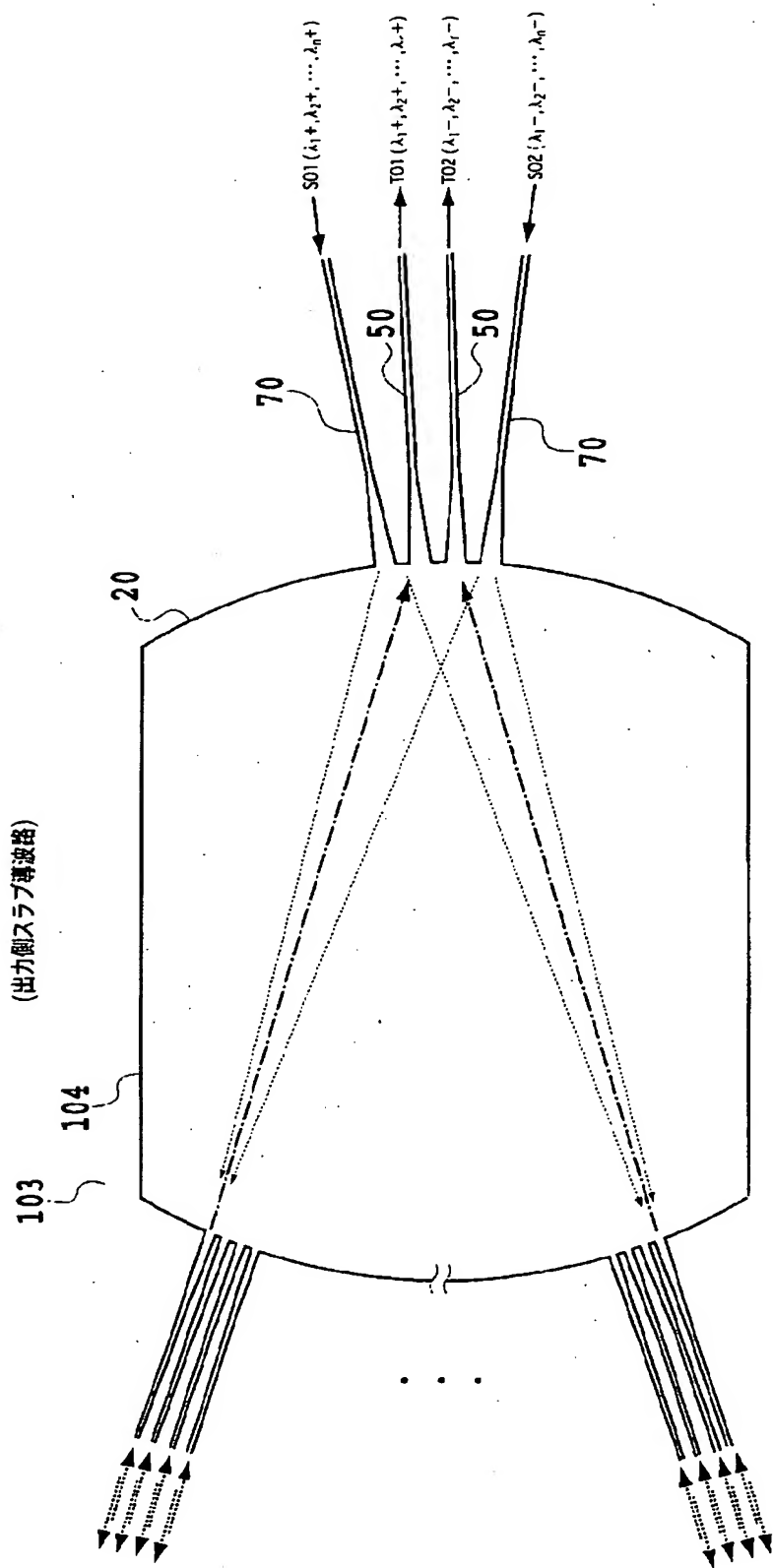
【図19】



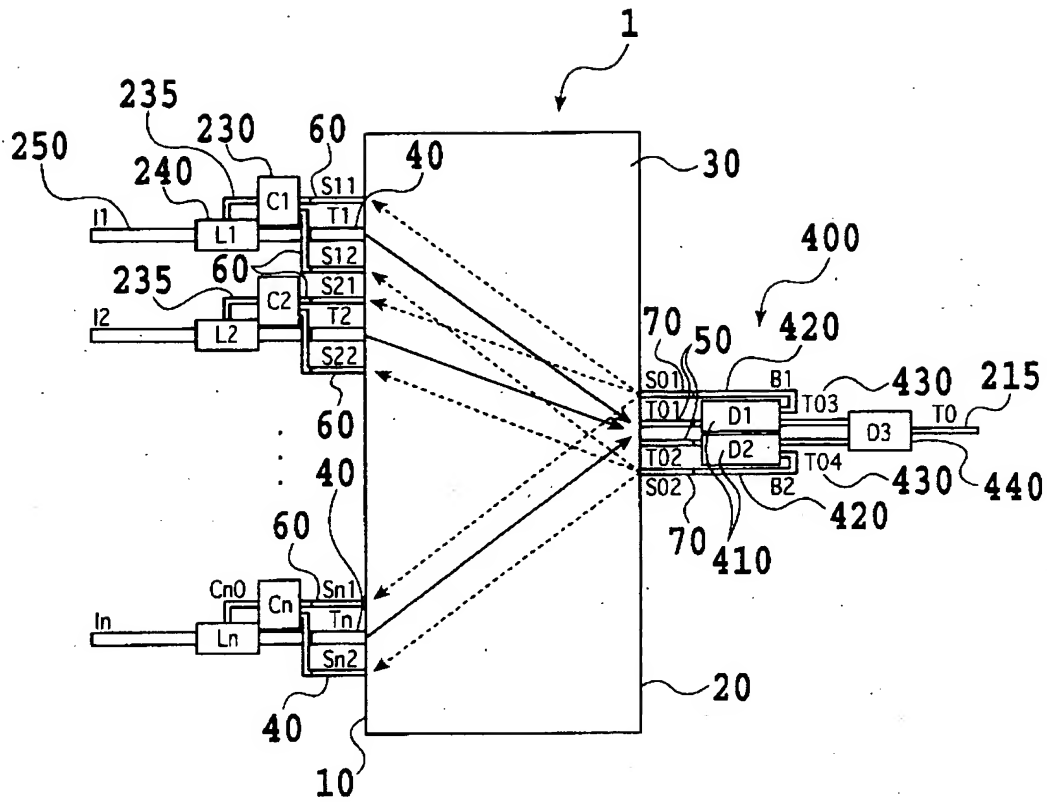
【図 20】



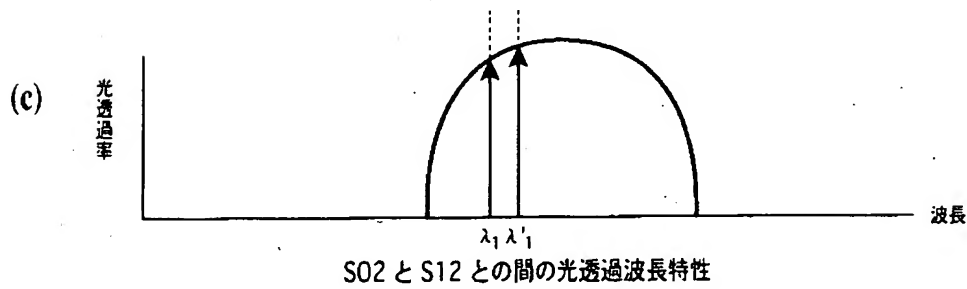
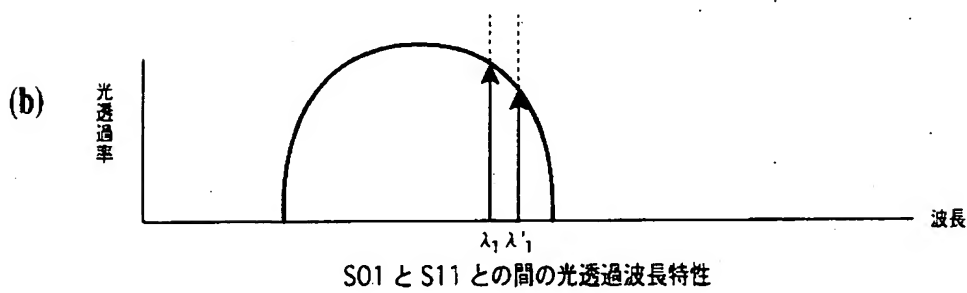
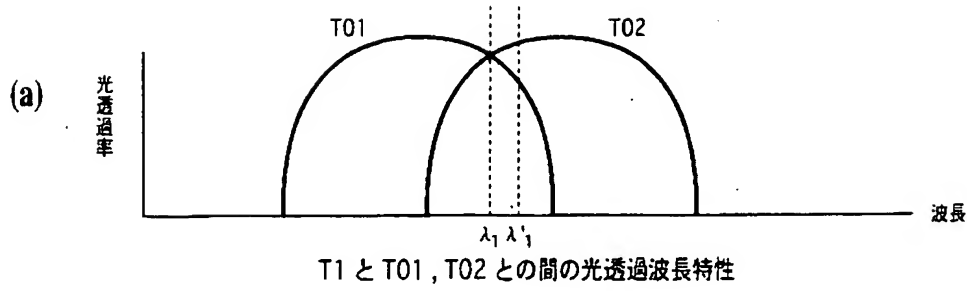
【図21】



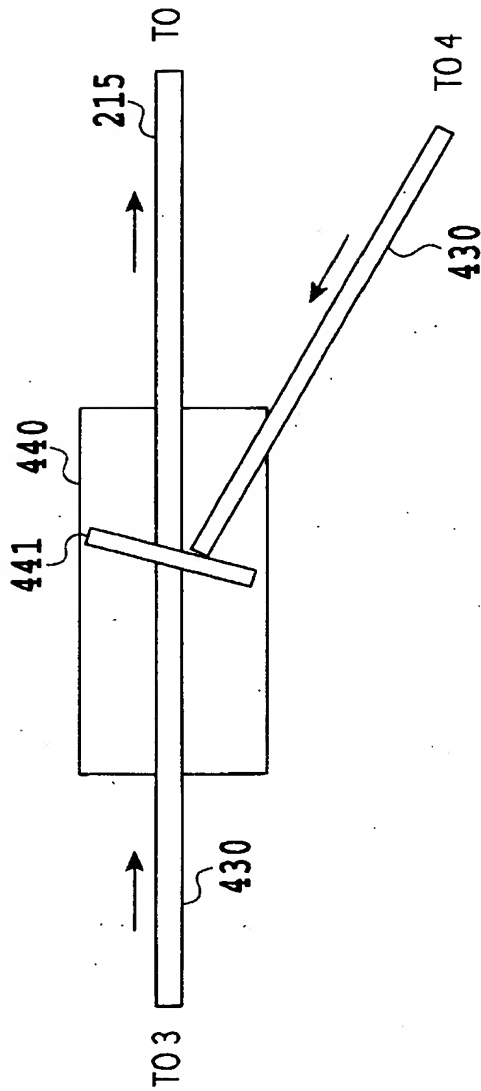
【図 22】



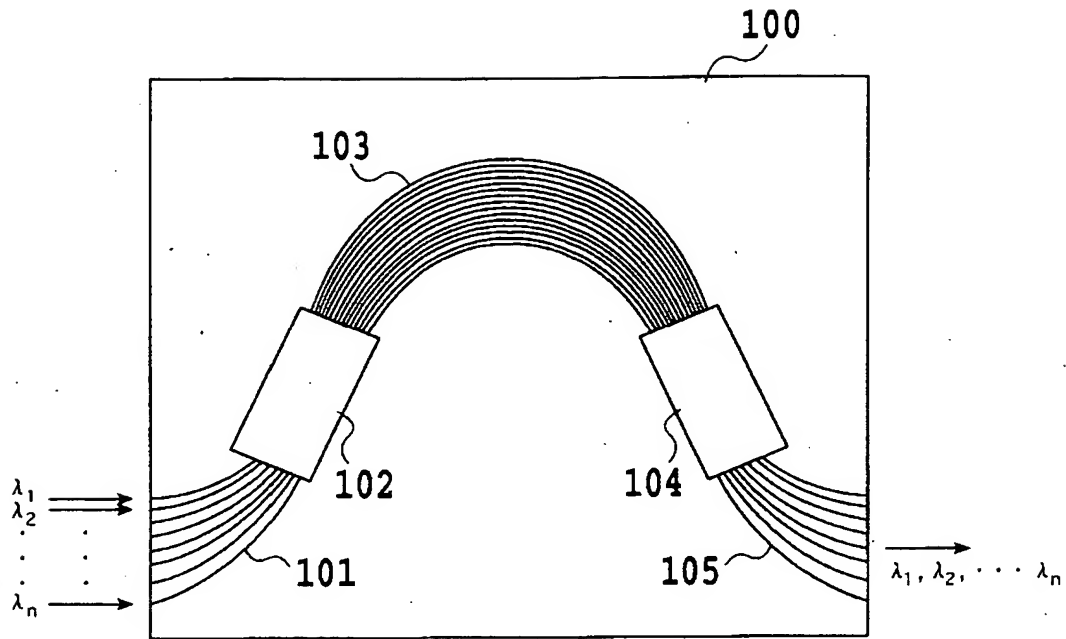
【図 2 3】



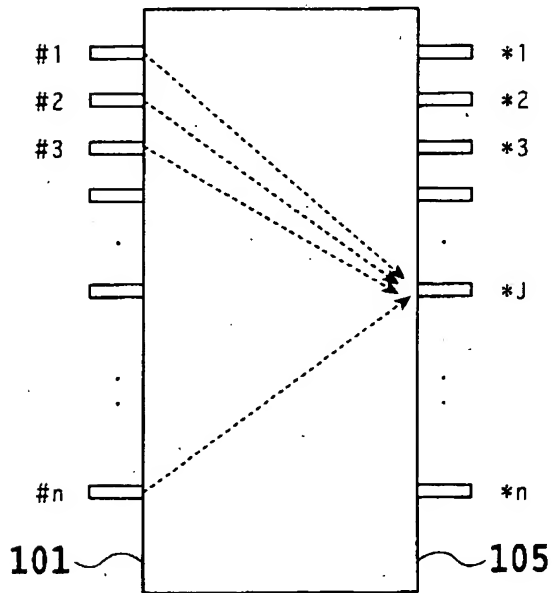
【図 2 4】



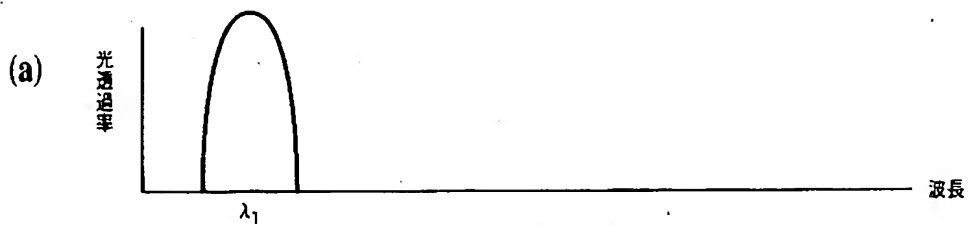
【図 25】



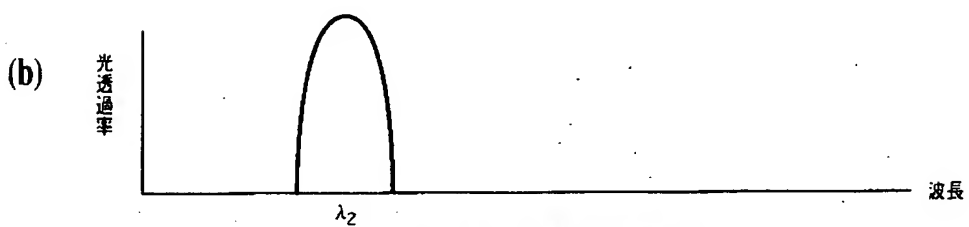
【図 26】



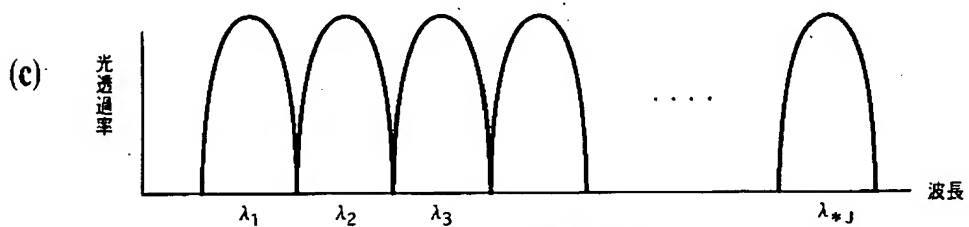
【図 2 7】



(c) #1 と *J との間の光透過特性



(d) #2 と *J との間の光透過特性



(e) #1, #2, ..., #n と *J との間の光透過特性を合成して表示

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な回路構成で、光波長の高精度な制御を行うこと。

【解決手段】 合波領域 3 0 から出力される波長多重光信号の一部を検査用信号として抽出し、該抽出した検査用信号を合波領域 3 0 内に再度導き、該再度入力された検査用信号を該再入力された端面 2 0 とは反対側に位置する端面 1 0 で検出し、該検出した検査用信号の状態を判別し、さらに、必要に応じて、該判別結果に基づいて合波領域 3 0 に入力される複数の光信号の動作制御を行うための制御信号を出力する。

【選択図】 図 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [591230295]

1. 変更年月日 2000年 3月16日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号
氏 名 エヌティティエレクトロニクス株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
氏 名 日本電信電話株式会社